

Teemu Manninen

## **TUOTANTOLINJAN TUOTEVAIHDON KEHITTÄMINEN SMED-MENETELMÄLLÄ**

# **TUOTANTOLINJAN TUOTEVAIHDON KEHITTÄMINEN SMED-MENETELMÄLLÄ**

Teemu Manninen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka

---

Tekijä: Teemu Manninen  
Opinnäytetyön nimi: Tuotantolinjan tuotevaihdon kehittäminen  
SMED-menetelmällä  
Työn ohjaaja: Juha Männistö  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017 Sivumäärä: 49 + 11 liitettä

---

Tässä työssä kehitettiin tuotantolinjan asetusajoja. Tavoitteena oli lyhentää asetusajoja nykyisestä 90 %. Lisäksi tavoitteena oli vakioida asetusajat. Työn tilaaja halusi tämän työn avulla myös löytää SMED-työkalun (Single Minute Exchange of Die) yrityksen muiden linjojen asetusajojen lyhentämiselle.

Työssä tehtiin linjalle OEE-analyysi (Overall Equipment Effectiveness), jonka avulla tutkittiin linjan käytettävyyttä, nopeutta ja laatua eli kokonaistehokkuutta. OEE-analyysin avulla voitiin todentaa asetusajojen lyhentymisen vaikutuksia linjan käytettävyyteen. Kehitystyö aloitettiin perehtymällä tuotannossa tuotantolinjan toimintaan ja tuotevaihtojen operaatioihin. Tämän jälkeen tuotevaihdot kuvattiin. Videot analysoitiin AviX-ohjelmalla. Analyysistä saatiin tieto jokaisen työvaiheen kestosta ja hukan määrästä työvaiheissa. Analyysien pohjalta etsittiin kehityskohteet tuotevaihdon operaatioihin. Työssä myös käyttöönotettiin kehitystoimenpiteet. Kehitystoimenpiteiden käyttöönoton jälkeen kelloitettiin asetusajat uudestaan ja verrattiin niitä nykytilan asetusajoihin ja tavoitteeseen. Käyttöönoton yhteydessä tehtiin seuranta, jonka perusteella tehtiin tarvittavat lisämuutokset tuotevaihdon operaatioihin.

Työn aikana toteutetuilla kehitystoimenpiteillä asetusajoja pystyttiin lyhentämään 75 % alkuperäisestä asetusajasta. Näillä kehitystoimenpiteillä poistettiin hukkaa tuotevaihdon operaatioista ja mahdollistettiin asetusajojen vakioiminen riippumatta työn suorittavista operaattoreista. Kaikkia kehityskohteita ei pystytty toteuttamaan työn aikana. Työn jälkeen toteutettavat kehitystoimenpiteet vaativat investointeja eikä niitä aikataulusyistä voitu toteuttaa työn aikana. Myöhemmin toteutettavilla kehitystoimenpiteillä eliminoidaan linjan koneiden hienosäätöjen tarvetta, jota tuotteiden saaminen laatuvaatimusten mukaiseksi vaatii. Lisäksi tuotevaihdon operaatiot yksinkertaistuvat, jolloin vähänkin linjalta koke-musta saanut operaattori voi suorittaa tuotevaihdon.

Kaikki kehitystoimenpiteet toteutettuna pystytään tuotevaihdon aikaa lyhentämään 80 - 85 % alkuperäisestä. OEE-analyysin käytettävyyden osa-alueella tuotantolinjalla pystyttiin SMED-projektilla parantamaan 5 %.

---

Asiasanat: asetus aika, lean-ajattelu, SMED

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical engineering, Production technology

---

Author: Teemu Manninen

Title of thesis: Production line`s setup development by using the SMED method

Supervisor: Juha Männistö

Term and year when the thesis was submitted: spring 2017

Pages: 49 + 11 appendices

---

The purpose of this work was to develop the production line setup time by using SMED-method (Single Minute Exchange of Die). The main goal of this work was to reduce setup time by 90 %. Another goal was to find the way to standardize setup times. The client also wanted to find a SMED tool, which they can use at the other SMED projects.

At this work OEE analysis was made for production line. OEE analysis was used to inspect line`s overall effectiveness. Analysis were also used to inspect SMED project`s benefits for line`s availability after the project. Setup operations were filmed during this work. Filmed setup operations were analysed with AviX program. AviX analyses gave information about operations duration and loss percentage. With help of the analysis the targets of the development were located. At this work implementation of the new course of actions was also made. At the end of the work current state and future state analysis were compared.

Developments that have been planned and implemented during this work reduced setup time by 75 %. These developments removed losses from the setup operations and enabled standardized setup time despite the operator who performs the setup. All of the planned developments could not be implemented during this work because of the scheduling reasons. Remaining developments requires investments. These investments will eliminate need of the adjustments for the machines. After these investments, setup time is reduced by 80 – 85 % from the starting situation. This SMED project enables 5 % improvement for production line`s availability.

---

Keywords: lean manufacturing, setup time, SMED

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 TUOTANTOLINJOJEN TEHOSTAMINEN	9
2.1 Lean	9
2.1.1 Yleistä	9
2.1.2 Leanin seitsemän hukkaa	9
2.2 Single Minute Exchange of Die, SMED	11
2.2.1 Yleistä	11
2.2.2 Asetukset	11
2.2.3 Sisäiset asetukset ja ulkoiset asetukset	13
2.2.4 SMED 8-vaiheinen työ	13
2.2.5 Lyhyiden asetusaikojen ja SMEDin vaikutukset tuotantoon	16
2.3 Overall Equipment Effectiveness, OEE	17
2.3.1 Yleistä	17
2.3.2 OEE-tunnusluvun määrittäminen	18
2.3.3 OEE-analyysin käyttökohteet	18
2.3.4 Six Big Losses	20
2.4 AVIX-ohjelma	21
2.4.1 Yleistä	21
2.4.2 AviX-moduulit	21
2.5 Työturvallisuus	24
2.5.1 Yleistä	24
2.5.2 Koskematta tunnistavan turvalaitteen etäisyys vaaravyöhykkeestä	24
3 TUOTANTOLINJAN SMED-PROJEKTI	27
3.1 Tuotantolinja	27
3.1.1 Toiminta	27
3.1.2 Tuotevaihdon operaatiot	28

3.2 SMED-projekti	32
3.2.1 Tuotantoon perehtyminen	32
3.2.2 OEE-analyysit	32
3.2.3 Tuotevaihtojen kuvaaminen	33
3.2.4 AviX-analyysit: nykytilan kuvaus	34
3.2.5 Tuotevaihdon ongelmakohdat	35
3.2.6 Kehitystoimenpiteet	36
3.2.7 Avix-analyysit: tulevaisuuden kuvaus	41
3.2.8 Käyttöönotto	41
4 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	47
LIITTEET	49

## **SANASTO**

KNL	käytettävyys, nopeus ja laatu, Suomessa käytetty lyhenne OEE:stä
OEE	Overall Equipment Effectiveness, tuotannon kokonaistehokkuutta kuvaava tunnusluku
SA	sisäinen asetus
SMED	Single-Minute Exchange of Die, menetelmä asetusajojen lyhentämiseksi
UA	ulkoinen asetus

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä kehitetään ja nopeutetaan tuotantolinjan tuotevaihtoa SMED-menetelmän (Single Minute Exchange of Die) ja lean-toimintatavan avulla. Ongelmat nykytilassa ovat tuotevaihdon pitkä kesto ja tuotevaihtoon kuluvan ajan vaihtelu. Lisäksi tuotteiden mittojen saaminen vastaamaan laatuvaatimuksia tuotevaihdon yhteydessä on hidasta ja vaatii hienosäätöjen tekijältä erityisosaamista sekä pitkää kokemusta linjan käytöstä.

Työn tavoitteena on lyhentää asetusaikoja 90 % nykyisestä. Lisäksi SMED-projektin tavoitteena on vakioida tuotevaihtoon kuluva aika ja löytää ratkaisu hienosäätöjen tarpeen eliminoimiseksi. Tuotevaihtoon kuluvan ajan vakioimisella helpotetaan tuotannonsuunnittelua. Työn tilaaja haluaa löytää tämän työn avulla asetusaikojen kehittämiseen SMED-työkalun, jota voitaisiin hyödyntää yrityksen muilla linjoilla.

Työn tutkimisen työkaluina käytetään kuvaamista ja AviX-ohjelmaa. Näiden työkalujen avulla tuotevaihdosta tehdään nykytilan analyysi, etsitään ongelmakoh- tien aiheuttajat, suunnitellaan kehitystoimenpiteet sekä tehdään tulevaisuuden kuvaus kehitystoimenpiteiden pohjalta. Tässä työssä myös käytöön otetaan ke- hitystoimenpiteet.

Työn tilaajana toimii metalliteollisuuden yritys. Tuotantolinjalla valmistettavat tuotteet ovat ohutteräsnauhasta valmistettuja teräsprofiilituotteita. Tuotantolinjal- la valmistetaan kolmea erilaista tuoteperhettä. Tuoteperheiden sisäisiin tuottei- siin kuuluu eri mitta- ja materiaalivariaatioita. Tuotteista käytetään nimityksiä tuote A, tuote B ja tuote C tässä työssä.

Opinnäytetyö rajoitetaan koskemaan vain kyseisen tuotantolinjan tuotevaihtoja tuoteperheiden välillä. Tuoteperheiden sisäiset asetusten vaihdot jäävät tämän työn ulkopuolelle. Tuotantolinjalle tehdään tässä työssä OEE-analyysi, jonka avulla voidaan todeta projektin tulosten vaikutus tuotantolinjan kokonaistehok- kuuteen sekä todetaan SMED-projektin tarpeellisuus tuotantolinjalle.



## 2 TUOTANTOLINJOJEN TEHOSTAMINEN

### 2.1 Lean

#### 2.1.1 Yleistä

Lean-termi tuli tunnetuksi MIT:n professorien James Womackin, Daniel Jonesin ja Daniel Roosin julkaisemassa kirjassa Machine That Changed the World. Kirjassa kuvataan japanilaisten autotehtaiden tuottavuuden kehitystä. Lean-tuotanto pohjautuu Toyota Tuotanto Systeemiin (Toyota Production System, TPS), jota Toyota on kehittänyt yli 100 vuoden ajan (1). TPS:n ja lean-järjestelmän päätarkoitus on eliminoida kaikki tarpeettomat toiminnot. Näitä tarpeettomia toimintoja kutsutaan hukaksi. (2, s. 38.)

#### 2.1.2 Leanin seitsemän hukkaa

Lean-tuotantotapa pyrkii poistamaan tuotannosta kaikki tarpeettomat toiminnot, jotka eivät kasvata tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta. Taiichi Ohno kategorisoi nämä arvoa kasvattamattomat hukat TPS:ssä. Seitsemän hukkaa ovat

- ylituotanto
- odotus
- tarpeeton kuljettaminen
- tarpeeton liike työskennellessä
- ylikäsittely
- tarpeettomat varastot
- laatuvirheet. (3.)

**Ylituotanto:** Tuotteita valmistettaessa ilman tilausta tai varmuusvarastoon enemmän kuin on tarve sitoo turhaan varastotilan, pääoman ja henkilökunnan resursseja. Ylituotanto on merkittävin hukka Ohnon mukaan, koska se synnyttää muita hukkia. Lisäksi ylituotanto vaikeuttaa ongelmien havaitsemista tuotannossa. (3.)

**Odotus:** Odotusta tuotannossa aiheuttavat kaikenlaiset pullonkaulat, edellisen työvaiheen viivästykset sekä työkalujen ja materiaalin puute. Myös automaatiokoneiden odotus on Ohnon mukaan hukkaa. (3.)

**Tarpeeton kuljettaminen:** Tähän kategoriaan kuuluvat kaikki turhat materiaalin siirrot. Esimerkiksi raaka-aineiden tai valmiiden tuotteiden kuljetus varastoon tai pois varastosta on tarpeetonta kuljettamista. (3.)

**Tarpeeton liike työskennellessä:** Kaikki ylimääräiset liikkeet työvaiheen aikana ovat Ohnon mukaan hukkaa. Ylimääräisiä liikkeitä voivat olla työkalujen haku ja etsintä sekä turhat kurotukset työpisteellä. (3.)

**Ylikäsittely tai virheellinen käsittely:** Hukkaa syntyy, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin asiakas vaatii. Ylikäsittelyä ovat myös ylimääräiset vaiheet tuotannossa, jotka voivat aiheutua tuotteiden suunnitteluvirheistä. (3.)

**Tarpeettomat varastot:** Ylimääräiset materiaalit, suuret eräkoot, keskeneräinen tuotanto sekä valmiiden tuotteiden pitkäaikainen varastointi synnyttävät tarpeettomia varastoja. Suuret varastointi määrät aiheuttavat lisäkustannuksia, kasvattavat läpimenoaikoja ja hankaloittavat tuotannon ongelmien havaitsemista. Tuotannon ongelmia voivat olla vikatilanteet ja pitkät asetusajat. (3.)

**Laatuvirheet:** Viallisten tuotteiden valmistus kuluttaa materiaali- ja henkilöstöresursseja ylimääräisen työn takia, joka aiheutuu tuotteen korjauksesta tai uudelleen valmistuksesta. (3.)

Usein Ohnon tekemään alkuperäiseen seitsemän hukan listaan lisätään kahdeksas hukka. Se on työntekijöiden luovuuden tai osaamisen käyttämättömyys. Tällä hukalla tarkoitetaan työntekijöiden kehitysehdotuksia tai kykyä, joita ei huomioida. Tuotannon työntekijöillä onkin suuri rooli lean-tuotantotavassa ja heidät pitäisi ottaa mukaan tuotannonkehitystyöhön. (3.)

## **2.2 Single Minute Exchange of Die, SMED**

### **2.2.1 Yleistä**

SMED on menetelmä asetusajkojen lyhentämiseksi. Shigeo Shingo kehitti SMED-metodia yhdeksäntoista vuoden ajan tutkiessaan teoreettisia ja käytännöllisiä näkökulmia asetusten vaihdon kehittämiseen. Tänä aikana hän kehitti useissa yrityksissä koneiden asetusajoja. Analyysit ja toimeenpano ovat olennainen osa SMED-metodia ja kummankin osa-alueen on oltava osa asetusajkojen kehitystyötä (4, s. 31). Single Minute Exchange of Die nimityksen Shingo kehitti saadessaan erään asetusten vaihdon kestämään kolme minuuttia eli yksinumeroiseksi määräksi minuutteja. (4, s. 25.)

### **2.2.2 Asetukset**

Asetuksilla tarkoitetaan muutoksia, jotka tehdään tuotantolinjalle, kun linjalla valmistuksessa siirrytään tuotteesta toiseen. Asetusaika on aika, joka tarvitaan näiden muutosten tekemiseen. Asetusaika mitataan edellisen sarjan viimeisen tuotteen valmistumisesta seuraavan sarjan ensimmäisen hyvän tuotteen valmistukseen. (5.)

Asetusten operaatioiden luonteen on usein ajateltu vaihtelevan äärettömästi, riippuen tuotantolinjalla käytetyistä koneista. Kun näitä asetusten operaatioita tarkastellaan lähemmin, ne muodostuvat samantyyppisistä operaatioista riippumatta koneesta, johon asetukset vaihdetaan. (4, s. 27.)

Asetusten vaihdon operaatiot voidaan jakaa neljään vaiheeseen. Ensimmäiseen vaiheeseen kuuluvat valmistautuminen asetusten vaihtoon ja materiaalien sekä työkalujen tarkastus. Tämän työvaiheen tarkoitus on varmistaa, että kaikki tarvikkeet ovat oikeilla paikoilla ja ne toimivat oikein. Lisäksi tähän vaiheeseen kuuluvat koneiden puhdistus ja tarvikkeiden varastointi asetusten vaihdon jälkeen. (4, s. 27.)

Toiseen vaiheeseen kuuluvat koneiden osien ja työkalujen irrotus, joilla on valmistettu edellinen sarja ja uusien osien ja työkalujen kiinnitys, joilla valmistetaan seuraava sarja. Kolmas vaihe on mittaukset ja kalibroinnit. Tähän vaiheeseen

kuuluvat kaikki työkalujen mittaukset ja kalibroinnit, jotka vaaditaan tuotteen valmistuksen mahdollistamiseksi, kuten keskitykset, paikoitukset, mitoitus ja lämpötilan sekä paineen mittaukset. (4, s. 27.)

Viimeinen vaihe on koeajo ja säädöt. Tässä vaiheessa säädöillä tarkoitetaan hienosäätöjä, jotka tehdään testikappaleen valmistuksen jälkeen. Mitä tarkemmat vaiheen kolme mittaukset ovat, sitä helpompia tämän vaiheen hienosäätöjen tekeminen on. Hienosäätöjen suoritusnopeuteen vaikuttavat työntekijän taidot ja kokemus koneen käytöstä. Asetusten vaihdon vaikein osuus on hienosäätöjen toteuttaminen. Lisäksi hienosäätöjen osuus asetusten vaihdon kokonaisuudesta on usein suurin. Kuvassa 1 on esitetty asetusten vaihdon operaatioiden vaiheistus yhdestä neljään sekä yleinen ajan jakautuminen vaiheiden välillä. (4, s. 27.)

Operation	Proportion of time
Preparation, after-process adjustment, and checking of raw material, blades, dies, jigs, gauges, etc.	30%
Mounting and removing blades, etc.	5%
Centering, dimensioning and setting of other conditions	15%
Trial runs and adjustments	50%

*KUVA 1. Asetusaikojen jakautuminen vaiheisiin (4, s. 27)*

Jotta hienosäätöjen tarvetta voidaan vähentää, on vaiheen kolme mittausten oltava hyvin tarkkoja. Mikäli hienosäätöjen tarve voidaan kokonaan eliminoida, tuo se asetusaikoihin merkittäviä etuja. Hienosäätöjen eliminoimiseksi voidaan mittausvaiheessa käyttää esimerkiksi ohjureita ja kohdistusjigettä, jotka poistavat mittavirheen mahdollisuuden. Usein ajatellaan asetusten vaihtojen vaativan erityisosaamista erityisesti hienosäätöjen tekemisessä. SMED-menetelmän avulla hienosäädön tarve pyritään eliminoimaan, jolloin asetusten vaihdon operaatiot yksinkertaistuvat, eikä erikoisosaamista enää tarvita. Tällöin asetusten vaihdon voi suorittaa kokemattomampikin operaattori. (4, s. 27; 4, s. 66.)

### **2.2.3 Sisäiset asetukset ja ulkoiset asetukset**

Asetukset voidaan jakaa kahteen oleellisesti erilaiseen kategoriaan, jotka ovat sisäiset asetukset (SA) ja ulkoiset asetukset (UA). Sisäiset asetukset voidaan tehdä vain koneen ollessa pysähdyksissä, sisäisiä asetuksia ovat esimerkiksi työkalujen vaihdot koneisiin. Ulkoiset asetukset voidaan toteuttaa koneen ollessa käynnissä, kuten vanhojen työkalujen vienti varastoon tai uusien osien tuominen koneen läheisyyteen valmiiksi asetusten vaihtoa varten. UA:n ja SA:n käyttöön liittyy yksi pääsääntö: jos UA on mahdollinen, toteuta se, ja jos SA on välttämätön, käytä sitä. (2, s. 30; 4, s. 22.)

### **2.2.4 SMED 8-vaiheinen työ**

Kun asetusaikoja lyhennetään, SMED-menetelmää toteutetaan usein kahdeksassa vaiheessa, jotka ovat

1. SA:n ja UA:n erottaminen
2. SA:n siirtäminen UA:ksi
3. standardisointi
4. toiminnalliset kiinnitinjärjestelyt
5. etukäteen säädetyt kiinnittimet
6. samanaikaiset työtehtävät
7. hienosäädön poisto
8. mekanisointi.

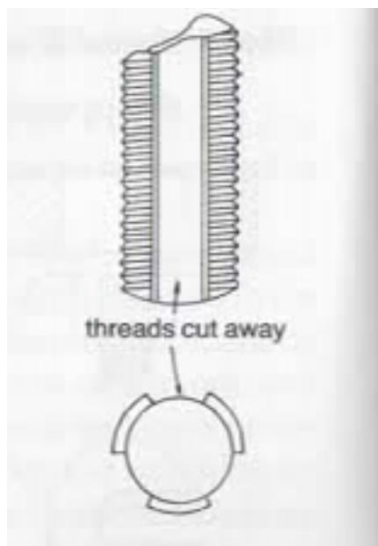
**SA:n ja UA:n erottaminen:** Kun asetusten vaihtoja analysoidaan, ovat operaatiot aina jaettava näihin kahteen kategoriaan. Erottamalla kaikki mahdolliset SA:t ja UA:t ja järjestämällä operaatiot niin, että UA:t tehdään koneen käydessä ja välttämättömät SA:t koneen seisoessa, voidaan koneen seisokkiaikaa usein vähentää 30 - 50 %. (2, s. 30.)

**SA: siirtäminen UA:ksi:** Toinen tehokas vaihe lyhentää seisokkiaikaa on muuttaa jäljelle jääneitä SA:sia UA:ksi. Tähän on monia keinoja riippuen koneesta, johon SMED-menetelmää käytetään. Yksi paljon käytetty keino on työkalujen esilämmitys koneen käydessä, jolloin koneen seisoessa ei tarvitse kuluttaa aikaa työkalun lämmitykseen. (2, s. 30.)

**Standardisointi:** Työkalujen muotojen ja mittojen standardisointi nopeuttaa ja helpottaa merkittävästi asetusten vaihtoa erityisesti työkalujen paikoittamis- ja kiinnitysvaiheessa. Nämä toimenpiteet ovat usein kalliita, joten niiden toteuttamisessa on valittava tarkasti mitat, jotka ovat oleellisia työkalun kiinnityksen helpottamiseksi. (2, s. 30.)

**Toiminnalliset kiinnitinjärjestelyt:** Kiinnitinjärjestelyt tulisi suunnitella niin, että niiden käyttö on mahdollisimman sujuvaa ja vähän aikaa vievää. Kiinnittämiseen käytetään usein pultteja ja usein ruuvausta pidetäänkin synonyymina sanalle kiinnittää. Pulttien sijaan voidaan kuitenkin käyttää usein käytännöllisempiä kiinnitystapoja, kuten liukusovitteita tai kiiloja. (2, s. 30.)

Myös pulttien kiinnittämistä voidaan nopeuttaa. Pultin ensimmäinen kierre irrottaa pultin kannasta ja viimeinen kierre kiristää se kantaan. Jos pultissa on 15 kierrettä, tarkoittaa se 14 ylimääräistä kierrosta. Kuvan 2 osoittamalla tavalla voidaan pulttikiinnityksessä toteuttaa "One-Turn Attachment" eli kiristys ja irrotus toteutetaan yhdellä kierroksella. (2, s. 31; 4, s. 55.)



KUVA 2. Hiottu pultti (4, s. 58)

**Etukäteen säädetyt kiinnittimet:** Seisokki aikaa voidaan lyhentää käyttämällä kahta samanlaista kiinnitintä. Koneen työstäessä toista kappaletta voidaan seuraava kappale kiinnittää varakiinnittimeen ja koneen pysähtyessä valmiiksi säädetty kiinnitin vaihdetaan koneeseen. Näin koneen ollessa pysähdyksissä tehdään vain kiinnittimen vaihto. Kaikki muut säädöt voidaan tehdä koneen ollessa käynnissä. (2, s. 32.)

**Samanaikaiset työtehtävät:** Seisokki aikaa voidaan luonnollisesti lyhentää käyttämällä useampaa operaattoria tuotevaihdon aikana. Suurin hyöty tästä saadaan suurilla koneilla. Usein ylimääräisen työntekijän saaminen tuotevaihdon ajaksi linjalle on hankalaa. Tämän takia voidaan käyttää työntekijää, jonka päätoimenkuva on avustaa tuotevaihdossa. (2, s. 32.)

**Hienosäädön poisto:** Hienosäädön osuus tuotevaihdosta on usein 50 - 70 %. Hienosäädön poistaminen onkin tehokas tapa lyhentää SA:ta. Paikoittamisen ja hienosäädön eroa ei aina tunnisteta. Paikoittamisella tarkoitetaan esimerkiksi työkalun siirtoa 100 mm. Hienosäädöllä tarkoitetaan työkalun siirtoa muutamaa millimetriä edestakaisin halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Käytettäessä tulkkeja tai ohjaustappeja tarvitaan työkalun vaihdossa ainoastaan paikoitusta ja hienosäätö voidaan eliminoida. (2, s. 32.)

**Mekanisointi:** Edellä mainituilla vaiheilla voidaan asetusajoja lyhentää usein 2/3 - 9/10. Vaiheiden 1 - 7 jälkeen voidaan asetusajojen kehitykseen käyttää mekanisointia. Mekanisoitaessa tehotonta asetusten vaihtoprosessia asetusajo vähenee, mutta ei ole suurta vaikutusta huonosti suunnitellun asetusten vaihtoprosessin ongelmien juurisyihin. Mekanisoinnista saadaan eniten irti, kun sitä käytetään asetusten vaihtoprosessiin, joka on jo tehostettu käyttäen apuna vaiheita 1 - 7. Mekanisoinnilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi automatisoitua työkalun vaihtoa. (2, s. 34; 4, s. 87.)

### **2.2.5 Lyhyiden asetusajojen ja SMEDin vaikutukset tuotantoon**

Yksi TPS:n (Toyota Production System) päätavoitteista on varastoton tuotanto (2, s. 37). Aetusajojen lyhentäminen SMED-menetelmän avulla on ainoa keino yhdistää monipuolinen tuotanto, pienet tuotantosarjat ja minimoida varastotasot. Monipuolinen tuotanto tarkoittaa tässä yhteydessä tuotteiden varioituvuutta. Pienet varastotasot mahdollistavat liikevaihdon kasvun. Varastojen pieneneminen johtaa varastotilojen tehokkaampaan käyttöön, kun niitä ei tarvitse varata varastoitaville tuotteille. Tuottavuus kasvaa, kun varastonhoito-operaatiot voidaan eliminoida. Kuten edellä on mainittu, ylituotanto ja kasvaneet varastotasot synnyttävät monia muitakin hukkia. (4, s. 113.)

Varastotasojen pienenemisen lisäksi SMED-menetelmä tuo muitakin etuja tuotantoon. Mikäli asetusajoja voidaan lyhentää huomattavasti, voidaan koneiden käyttöastetta eli käytettävyyttä kasvattaa, vaikka asetusten vaihtoja tehtäisiin määrällisesti enemmän. Lyhyet asetusajat mahdollistavat joustavan ja varioituvan tuotannon. (4, s. 113.)

SMED-menetelmän suurimmat hyödyt asetusajoihin saavutetaan, kun koneiden hienosäädöt voidaan eliminoida tarkoilla koneiden työkalujen paikoituksilla. Hienosäätöjen eliminoimisen myötä materiaalihukka pienenee, kun asetusten vaihdon jälkeen pystytään valmistamaan suoraan laatuvaatimukset täyttäviä tuotteita. SMED-järjestelmän avulla on siis mahdollista kasvattaa OEE-analyysin laatu osa-aluetta, kun virheellisten tuotteiden määrä onnistutaan eliminoidaan tuotevaihtojen yhteydestä. (4, s. 113.)



Asetusten vaihdon operaatioiden yksinkertaistamisen ja nopeuttamisen myötä asetusten vaihdon voi suorittaa kokemattomampikin operaattori. Tällöin ei tarvita enää asetusten vaihtoon erityisesti koulutettuja operaattoreita. Mikäli tuotevaihto on monimutkainen ja vaatii erityisosaamista, sitä joudutaan usein lykkäämään tai pitämään koneita seisokissa turhaan, koska joudutaan odottamaan oikean työntekijän vapautumista tuotevaihtoon. (4, s. 113.)

SMED-menetelmä pyrkii yksinkertaistamaan asetusten vaihdon operaatiot, mikä mahdollistaa vähemmällä kokemuksella olevan operaattorin suorittaman tuotevaihdon, tällöin tuotevaihdon lykkäykselle ja turhalle odotukselle ei ole enää tarvetta. Kehittämällä ja yksinkertaistamalla asetusten vaihdon operaatioita voidaan myös parantaa työturvallisuutta. (4, s. 113.)

## **2.3 Overall Equipment Effectiveness, OEE**

### **2.3.1 Yleistä**

OEE eli Overall Equipment Effectiveness on tunnusluku, joka kertoo prosentuaalisen osuuden suunnitellusta tuotantoajasta, joka on tuottavaa. OEE-analyysiin kuuluu kolme osa-aluetta, jotka ovat käytettävyys, nopeus ja laatu. OEE-analyysin lähtökohtana on vähentää suunnitellusta tuotantoajasta tuotantohäviöt. Tuotantohäviöt voidaan jakaa OEE-analyysissä kolmeen luokkaan, jotka ovat käytettävyys-, nopeus- ja laatuhäviöt. OEE:n päämäärä on löytää merkittävimmät tuotantohäviöt eli "six big losses". (6; 7.)

OEE-analyysin avulla yritys voi kohdentaa tuotannonkehitysprojektit oikeisiin kohteisiin tuotannossa. Suomeksi käännettynä OEE on KNL. KNL on lyhenne sanoista käytettävyys, nopeus ja laatu. Jossain tapauksissa nopeus sanan tilalla voidaan myös käyttää sanaa tehokkuus. (6; 7.)

OEE-arvo 100 % tarkoittaa seuraavaa: tuotantolinja tuottaa ainoastaan laadullisesti hyviä tuotteita, eli kaikki tuotantolinjan läpäisevät tuotteet ovat laatumäärittysten mukaisia. Tuotteet valmistetaan niin nopeasti kuin mahdollista eli tuotantolinja tuottaa tuotteita jatkuvasti ilmanvaiheajan mukaisesti. Lisäksi tuotantolinja on toiminnassa aina, kun tuotantolinjalla on suunniteltua tuotantoa. Tällöin

tuotantolinjalla ei ole suunnitellun tuotannon aikana ollenkaan esimerkiksi asetustenvaihtoja, suunniteltuja kunnossapitotoita tai järjestelmävikoja. (8.)

### 2.3.2 OEE-tunnusluvun määrittäminen

OEE-arvo voidaan laskea kahdella tapaa. Yksinkertaistettu tapa (kaava 1) ei erottele tuotantohäviöitä. Yksinkertaistettu OEE-laskukaava antaa käyttäjälle ainoastaan tuotannon kokonaisnaistehokkuutta kuvaavan arvon. (9.)

$$OEE-\% = (\text{hyväksytty tuotanto} * \text{ihanteellinen vaihe aika}) / \text{suunniteltu tuotanto-aika}$$

KAAVA 1

Suosittelu OEE-laskutapa on matemaattisesti ekvivalentti yksinkertaistetun OEE-laskukaavan kanssa. Suositeltua laskutapaa voidaan hyödyntää paremmin tuotannonkehitystyössä, koska se antaa tarkemman tiedon tuotannon häviöistä. Suositeltu laskutapa ottaa huomioon käytettävyystekijän (kaava 2), nopeustekijän (kaava 3) ja laatu tekijän (kaava 4). Näistä tekijöistä voidaan laskea OEE-arvo (kaava 5). (6.)

$$\text{Käytettävyys} = \text{käyntiaika} / \text{suunniteltu tuotantoaika}$$

KAAVA 2

$$\text{Nopeus} = \text{ihanteellinen vaihe aika} / \text{toteutunut vaihe aika}$$

KAAVA 3

$$\text{Laatu} = \text{hyväksytty tuotanto} / \text{kokonaistuotanto}$$

KAAVA 4

$$OEE-\% = \text{käytettävyys} * \text{nopeus} * \text{laatu}$$

KAAVA 5

### 2.3.3 OEE-analyysin käyttökohteet

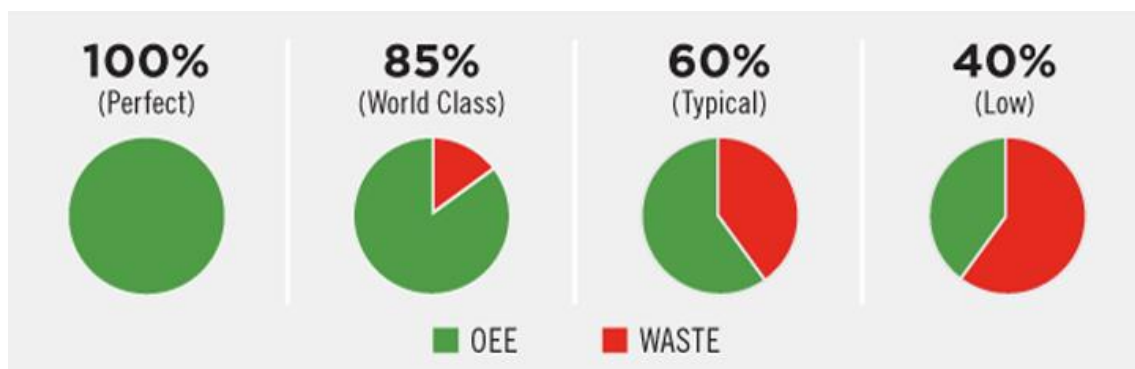
OEE-arvoa voidaan käyttää benchmarkkaukseen. Benchmarkkauksella tarkoitetaan vertailukehittämistä (10). OEE-analyysin avulla voidaan verrata eri tuotantovuorojen OEE:tä tai OEE:n yksittäisiä osa-alueita. Tämän avulla voidaan kehittää ja yhtenäistää vuorojen välistä tuotantoa yrityksen tavoitteita hyödyntävällä tavalla. Kuvassa 3 kuvataan kahden työvuoron välisiä OEE-arvoja sekä tuotantohävikkiarvoja. Tässä tapauksessa OEE-analyysin tuloksien perusteella voitaisiin pyrkiä kehittämään 1. työvuoron käytettävyyttä sekä 2. työvuoron laatua. Benchmarkkauksen avulla työvuorojen toimintatapoja yhdistelemällä ja yh-

tenäistämällä kummankin työvuoron käytettävyys ja laatu voitaisiin nostaa samalle tasolle. (6.)

OEE:N TEKIJÄT	1. VUORO	2. VUORO
Käytettävyys	90,0 %	95,0 %
Nopeus	95,0 %	95,0 %
Laatu	99,5 %	96,0 %
OEE	85,1 %	86,6 %

KUVA 3. OEE-vertailu työvuorojen välillä (6)

OEE-arvoa voidaan benchmarkata myös yleisiin teollisuudessa vallitseviin OEE-arvoihin (kuva 4). Kuten edellä jo mainittiin, OEE-arvo 100 % tarkoittaa täydellistä tuotantoa eli ei viallisia tuotteita, niin nopeasti kuin mahdollista eikä pysähdyksiä tuotannossa. OEE-arvo 85 % on ”world class” –tasoa. Sitä voidaanakin pitää yrityksissä pitkän aikavälin tavoitteena. OEE-arvo 60 % on tyypillinen valmistavassa teollisuudessa. OEE-arvo 60 % kertoo tuotannosta löytyvän huomattava määrä tuotantohävikkejä ja kehityskohteita. OEE-arvo 40 % on hyvin tyypillinen yritykselle, joka ovat vasta aloittamassa seuraamaan ja kehittämään tuotantoprosessejaan. Mikäli OEE-arvo on näinkin matala, tuotannon kehittäminen paremmalle tasolle voidaan usein tehdä helpostikin seuraamalla tuotannon pysähdysten syitä ja korjaamalla näitä yksi kerrallaan. (9.)



KUVA 4. Teollisuuden OEE-arvoja (9)

### 2.3.4 Six Big Losses

Six big losses- ajatusmallin kehitti Seiichi Nakajima vuonna 1971 Japanin Plant Maintenance -instituutissa. Hän jaotteli kunnossapidon koskemaan kaikkia tuotannon työntekijöitä. Tämän tavoitteena on maksimoida laitteiden tehokkuus.

Six big losses -ajatusmallin hukat voidaan kohdistaa suoraan OEE:n häviöihin ja tällä tavalla saadaan käytännöllisiä ja tarkentavia tietoja OEE-häviöistä. (7.)

Six big losses -hukat ovat

- odottamattomat laiteviat
- asetukset ja säädöt
- lyhyet pysähdykset
- alentunut käyntinopeus
- käynnistysvaiheessa valmistetut huonolaatuiset tuotteet
- laatuvirheistä ja uusintatyöstä aiheutuvat häviöt. (7.)

Odottamattomat laiteviat ja asetusten säädöt ovat käytettävyyshäviöitä. Odottamattomia laitevikoja voivat olla tuotantolaitteen rikkoutuminen, työkalujen rikkoutuminen tai muut tuotantolinjan järjestelmäviat. Asetukset ja säädöt kuuluvat tuotevaihtoon. Tämän häviön minimoimiseksi voidaan käyttää SMED-menetelmää. (6.)

Lyhyet pysähdykset ja alentunut käyntinopeus ovat nopeushäviöitä. Lyhyet pysähdykset ovat 2 - 5 minuutin pituisia seisokkeja, joiden selvittämiseksi ei tarvita kunnossapidon henkilöstön apua. Ne voivat johtua materiaalin jumiutumisesta linjalle tai vääristä asetuksista. Alentuneeseen käyntinopeuteen vaikuttavat kaikki suurinta teoreettista käyntinopeutta estävät seikat kuten kulunut laitteisto, virheelliset säädöt ja prosessihenkilöstön tehottomuus. (6.)

Käynnistysvaiheessa valmistetut huonolaatuiset tuotteet ja laatuvirheistä ja uusintatyöstä aiheutuvat häviöt kuuluvat laatuhävikkiin. Käynnistysvaiheessa valmistetut huonolaatuiset tuotteet johtuvat esimerkiksi tuotevaihdon jälkeisistä vääristä asetuksista. Näitä virheitä voidaan vähentää käyttämällä SMED-menetelmän mukaisesti erilaisia jigejä, joiden avulla väärät asetukset voidaan estää ja hienosäätö eliminoida. Laatuvirheistä johtuvan uusintatyöhön käytettä-

vä kapasiteetti on pois muusta tuotannosta ja tästä syystä virheellisen tuotannon määrä tulisi minimoida. (6.)

## **2.4 AVIX-ohjelma**

### **2.4.1 Yleistä**

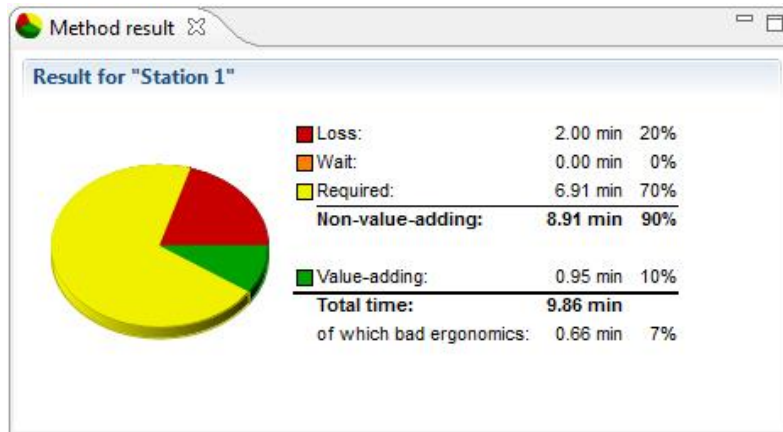
AviX-ohjelmat on kehittänyt ruotsalainen Solme AB, joka perustettiin vuonna 1998. Tarkoituksena oli kehittää ohjelmistotyökalu manuaalisen kokoonpanotyön tehokkuuden tutkimiseen yhdistämällä videoanalyysi sekä ajan- ja liikkeen tutkimus. Tämän jälkeen on kehitetty muitakin käyttökohteita ohjelmistolle. AviX-ohjelmistoja voidaan käyttää tuottavuuden tutkimiseen, tuotannonkehitykseen, tuotannon optimointiin ja tuotannon tehokkuuden kehittämiseen. Näiden kohteiden kehittämiseen liittyy olennaisesti työn mittaaminen ja ajan tutkiminen. AviX perustuu Solme AB:n ajatukseen ”Sitä et voi kehittää, mitä et voi mitata”. AviX ja työn kuvaaminen ovat myös hyviä työkaluja työntekijöiden perehdyttämiseen ja kouluttamiseen. (11.)

Oleellinen vaihe AviX-ohjelmiston käytössä on työvaiheiden kuvaaminen. Kuvauksen onnistumisen ja kuvamateriaalin saaminen helposti analysoitavaan muotoon vaatii seuraavien asioiden ottamisen huomioon kuvattaessa: Kuvauksesta ilmoitetaan kuvattavalle työntekijälle hyvissä ajoin, jotta kuvaukset eivät tule yllätyksenä. Seurataan muutama työkierto ennen kuvauksia, jotta työvaiheet tunnetaan hyvin. Keskustellaan työntekijän kanssa työvaiheista ja mahdollisista ongelmakohtista. Kuvataan leuan ja vyötärön välinen alue ja varmistetaan, että kaikki liikkeet tulevat videolle. Pitkiä matkoja kävellessä kuvataan jalkojen liike. Tehdään testikuvaus, jossa varmistetaan valaistuksen ja kameran asetusten olevan kohdallaan. Kuvataan useita työkiertoja, jotta saadaan videolle eri variaatiot työtavoista. (12.)

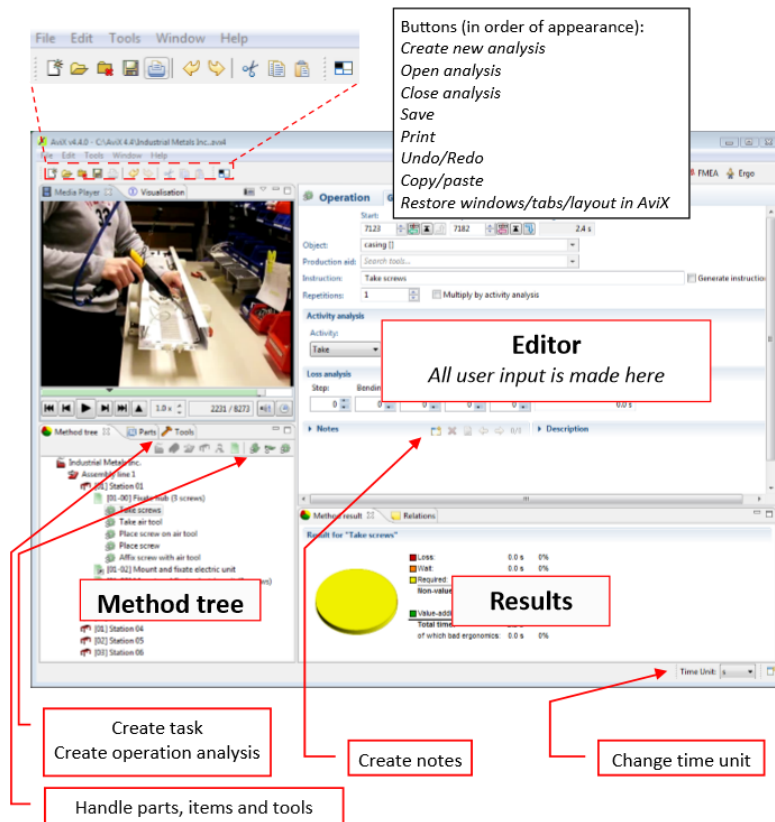
### **2.4.2 AviX-moduulit**

AviX -moduuleja on kuusi. Tässä työssä hyödynnetään Method- ja SMED-moduuleja. AviX Method on työkalu manuaalisen kokoonpanotyön aika- ja liikkeenanalyysien tekoon. Sen avulla voidaan kehittää vaiheajoja ja tuottavuutta. Methodin avulla työvaiheiden operaatiot jaetaan arvoa kasvattavaan työhön,

odotukseen, hukkaan ja aputöihin. Method luo työajoista analyysin (kuva 5), jossa nämä jaottelut näkyvät. Methodin käytön perusideana on jakaa työt operaatioihin, jonka jälkeen jokaiselle operaatiolle määritetään vaihe aika sekä operaatiot jaotellaan edellä mainittuihin luokkiin. Kuvassa 6 on kuvattu Methodin käyttöliittymä. (11; 12.)



KUVA 5. AviX Method -analyysi (11)



KUVA 6. AviX Method -käyttöliittymä (12)



## **2.5 Työturvallisuus**

### **2.5.1 Yleistä**

Työturvallisuuslain yhtenä tarkoituksena on torjua ja ennalta ehkäistä työtapa-turmia, ammattitauteja ja muita työstä tai työympäristöstä johtuvia terveyshaittoja. Lakia täytyy soveltaa työsopimuksen perusteella tehtävässä työssä. Työturvallisuuslain nojalla annetuissa säädöksissä määritellään työnantajan ja työntekijän velvollisuudet työturvallisuuteen liittyvissä asioissa. (13; 14.)

Työnantajan velvollisuus on huolehtia työturvallisuudesta tarvittavilla toimenpiteillä. Työnantajan oletetaan olevan tietoinen toimialansa ja työpaikkansa tyypillisistä vaara- ja haittatekijöistä sekä niiden ehkäisystä. Mikäli työnantajalla ei ole tätä asiantuntemusta, on sen hankittava se ulkopuolisilta asiantuntijoilta. (14.)

Työsuojelun toimintaohjelma on oltava jokaisella työpaikalla. Toimintaohjelmassa työturvallisuusriskit kartoitetaan ja niiden suuruus ja todennäköisyys arvioidaan, minkä jälkeen tehdään toimenpiteet, kuinka riskit voidaan poistaa tai niitä voidaan hallita. Työntekijän velvollisuus on noudattaa työturvallisuuslakia ja työnantajan antamia määräyksiä. Työnantajan velvollisuus on ohjeistaa ja opastaa työntekijää työturvallisista toimintatavoista. Työnantajalla tai hänen edustajalla on rikosoikeudellinen vastuu, mikäli työturvallisuutta laiminlyödään. (14.)

### **2.5.2 Koskematta tunnistavan turvalaitteen etäisyys vaaravyöhykkeestä**

Standardi SFS EN-ISO 13855 määrittelee koskematta tunnistavien turvalaitteiden turvallisesta sijoittamisesta. Standardi ottaa huomioon kehonosien lähestymisnopeudet ja esittää menetelmän turvalaitteiden vähimmäisetäisyyden määrittämiseksi, mikä ottaa huomioon kehon tai kehonosien lähestymisnopeuden. Standardissa käytetyt arvot kävelyn ja käden lähestymisnopeuksille ovat olleet pitkään käytössä ja todettu toimiviksi. Tässä työssä tarkasteltavat koskematta tunnistavat turvalaitteet ovat valoverhoja ja valopuomeja. (15.)

Valoverhon ja lähestymissuunnan ollessa kohtisuorassa vähimmäisetäisyys (S) lasketaan kaavalla 6. Järjestelmän kokonaispysähtymisaika (T) lasketaan kaavalla 7. Linjan pysähtymisajat ja valoverhon vasteajat ovat laitteiden valmistajan



määrittelemiä. Lähestymisetäisyyden C arvo on 850 mm, jos valoverhon resoluutio on >30 mm. Mikäli resoluutio on <30 mm, lasketaan lähestymisetäisyys C kaavalla 8. Resoluutiot ovat laitevalmistajan määrittelemiä. Vähimmäisetäisyydellä tarkoitetaan etäisyyttä, joka valoverholla täytyy olla vähintään koneen vaaravyöhykkeeseen. (15.)

$$S = (K \times T) + C$$

KAAVA 6

S = vähimmäisetäisyys (mm)

K = kehon tai kehonosien lähestymisnopeus (mm/s)

T = järjestelmän kokonaispysähtymisaika (s)

C = lähestymisetäisyys (mm)

$$T = t_1 + t_2$$

KAAVA 7

T = järjestelmän kokonaispysähtymisaika (s)

$t_1$  = linjan pysähtymisaika (s)

$t_2$  = valoverhon vasteaika (s)

$$C = 8(d - 14)$$

KAAVA 8

C = lähestymisetäisyys (mm)

d = valoverhon resoluutio (mm)

Kehon tai kehonosien lähestymisnopeutena voidaan käyttää arvoa 2 000 mm/s. Mikäli näin laskettuna vähimmäisetäisyyden arvo on >500 mm, voidaan käyttää K:n arvoa 1 600 mm/s ja laskea vähimmäisetäisyys uudelleen. Mikäli valoverhon ylikurottaminen on mahdollista, kaava 1 lasketaan myös ottamalla arvo C taulukosta 1. Jos valoverhon yhteydessä käytetään, turvakaiteita on vähimmäisetäisyys katsottava standardista SFS ISO-EN 13857 löytyvästä taulukosta (taulukko 2). Tämän jälkeen kaikista lasketuista vähimmäisetäisyyksistä valitaan turvallisin eli pisin etäisyys valoverholle. Kun valoverhon yhteydessä käytetään turvakaidetta, on vähimmäisetäisyyden oltava vähintään taulukon 2 mukainen. (15; 16.)

TAULUKKO 1. Lähestymisetäisyys C valoverhon yli kurotettaessa (15)

Vaaravyöhykkeen korkeus <sup>a</sup>	Koskettamatta tunnistavan turvalaitteen havaitsemisvyöhykkeen yläreunan korkeus <sup>b</sup>											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
	Lisäetäisyys vaaravyöhykkeeseen <sup>c</sup> <i>C<sub>RO</sub></i>											
2600 <sup>a</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1600	1150	1150	1100	1000	900	850	750	450	0	0	0	0
1400	1200	1200	1100	1000	900	850	650	0	0	0	0	0
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	0	0	0	0	0	0
1000	1200	1150	1050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1150	1050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TAULUKKO 2. Turvaetäisyydet suojakaiteen yli kurotettaessa (16)

Vaaravyöhykkeen korkeus <sup>b</sup> <i>a</i>	Suojarakenteen korkeus <sup>a</sup> <i>b</i>								
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500
	Vaakasuora turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen, <i>c</i>								
2 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100	100	100	0
2 200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2 000	1 100	900	700	600	500	350	0	0	0
1 800	1 100	1 000	900	900	600	0	0	0	0
1 600	1 300	1 000	900	900	500	0	0	0	0
1 400	1 300	1 000	900	800	100	0	0	0	0
1 200	1 400	1 000	900	500	0	0	0	0	0
1 000	1 400	1 000	900	300	0	0	0	0	0
800	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 200	500	0	0	0	0	0	0	0
400	1 200	300	0	0	0	0	0	0	0
200	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0

## 3 TUOTANTOLINJAN SMED-PROJEKTI

### 3.1 Tuotantolinja

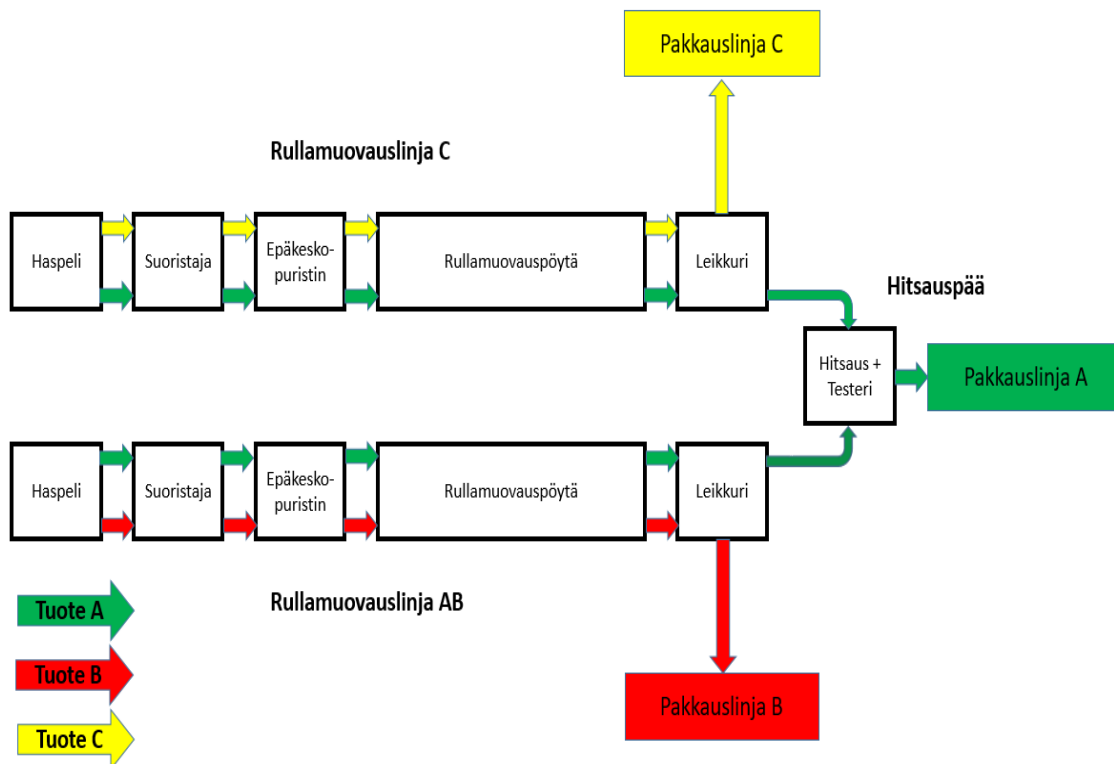
#### 3.1.1 Toiminta

Tuotantolinja koostuu kahdesta identtisestä rullamuovauslinjasta, siirtolinjoista, hitsauspäästä ja tuotteiden pakkauslinjoista. Rullamuovauslinjoja kutsutaan tässä työssä rullamuovauslinja AB:ksi ja rullamuovauslinja C:ksi. Rullamuovauslinjoilla ohutteräsnauhasta muovataan tuotteisiin halutut profiilimuodot.

Rullamuovauslinja alkaa haspelista, joka syöttää kelalta rainaa linjalle. Haspeli on kaksipaikkainen, mikä mahdollistaa seuraavan kelan noston haspeliin ajon aikana. Haspelilta raina ajetaan suoristajalle, joka tasoittaa rainan epätasaisuuDET. Seuraavaksi raina kulkee epäkeskopuristimen läpi, joka lävistää rainaan tarvittavat muodot. Puristimen ja suoristajan jälkeen tapahtuu rullamuovaus. Rullamuovauspöydällä raina ajetaan syöttölaitteen läpi, mikä varmistaa rainan ajautumisen rullamuovauskasetin keskilinjalle. Rullamuovauskasetin rullat muovaavat rainaan halutun profiilin. Rullamuovauskasetin jälkeen raina ajetaan kalibrointi- ja oikaisurullastojen läpi, jotka viimeistelevät tuotteiden profiilien muodot. Rullamuovauspöydän jälkeen profiili leikataan mittaansa leikkurilla.

Tuote A koostuu kahdesta erilaisesta teräsprofiilista, jotka valmistetaan samanaikaisesti rullamuovauslinjalla AB ja rullamuovauslinjalla C. Tämän jälkeen siirtolinjastot ja tarttijat siirtävät tuotteen A teräsprofiilit hitsauskoneen siirtolaitteelle, joka vie teräsprofiilit hitsauskoneelle. Hitsauksen jälkeen hitsaussaumojen pitävyys testataan testerillä. Lopuksi tuote A kulkeutuu siirtolinjastoa pitkin pakkauslinjalle.

Tuote B valmistetaan rullamuovauslinja AB:llä, minkä jälkeen siirtolinjasto vie valmiin tuotteen pakkauslinjalle. Tuote C valmistetaan rullamuovauslinja C:llä, josta valmis profiili kulkeutuu pakkauslinjalle. Tuotantolinjalla on mahdollisuus valmistaa tuotteita B ja C samanaikaisesti. Vuokaaviossa (kuva 8) on kuvattu tuotteiden kulkeminen tuotantolinjalla.



KUVA 8. Tuotantolinjan vuokaavio

### 3.1.2 Tuotevaihdon operaatiot

Vaihdettaessa tuotantolinjalla tuotetta tuotteiden A, B ja C välillä täytyy asetus-  
ten vaihtoja tehdä rullamuovauslinjoille AB ja C sekä hitsauspäähän. Rulla-  
muovauslinjojen tuotevaihdon operaatiot ovat lähes samankaltaiset, mutta niistä  
löytyy kuitenkin pieniä eroavaisuuksia. Tuotevaihdon operaatioiden jakautumi-  
nen tuotevaihdon tyyppin mukaan on kuvattu taulukossa 3. Tarkat tuotevaihdon  
operaatiot nykytilassa on kuvattu taulukoissa 4 - 6.

TAULUKKO 3. Tuotevaihdon operaatioiden jakautuminen tuotevaihdon tyyppin mukaan

Operaatiot:	Tuotevaihdon tyyppi			
	A=>B	B=>A	A=>C	C=>A
<b>Rullamuovauslinja AB: Tuotevaihdon operaatiot:</b>				
Rainan purku linjalta	x	x		x
Puristimen asetusten vaihto	x	x		
Rullamuovauspöydän asetusten vaihto	x	x		
Leikkurin asetusten vaihto	x	x		
Rainan ajo linjalle	x	x		x
<b>Rullamuovauslinja C: Tuotevaihdon operaatiot:</b>				
Rainan purku linjalta		x	x	x
Rullamuovauspöydän asetusten vaihto			x	x
Leikkurin asetusten vaihto			x	x
Puristimen käyttö käsiajolla (Koneen ”lämmitys”, jotta lävistää oikein)			x	
Rainan ajo linjalle		x	x	x
<b>Hitsauspään asetusten vaihto:</b>				
Tarttujan vasteen asetus		x		x
Testerin leveyden asetus		x		x
Hitsauslaitteen leveyden asetus		x		x
Siirtolaitteen leveyden asetus		x		x
Hitsauspalan vaihto		x		x
Ohjurirullien leveyden asetus		x		x

TAULUKKO 4. Rullamuovauslinja AB: tuotevaihdon operaatiot nykytilassa

<b>Rullamuovauslinja AB: Tuotevaihdon operaatiot</b>	Sisäinen	Ulkoinen
<b>Rainan purku linjalta</b>		
Edellisen sarjan tuotteiden varastointi	x	
Rainan katkaisu	x	
Rainan ajo tyhjennysajona hylkyyn	x	
Lopun rainan ajo kelalle	x	
Ajoarvojen kirjaus	x	
<b>Puristimen asetusten vaihto</b>		
Nosturin valmistelu	x	
Siirtokonsolien kiinnitys	x	
Puristimen työkalun vaihto	x	
Siirtokonsolien irrotus	x	
Leikkuujäteastian vaihto ja tyhjennys	x	
Puristin työkalun ja puristimen pedin puhdistus	x	
<b>Rullamuovauspöydän asetusten vaihto</b>		
Syöttölaitteen siirto oikealle paikalle	x	
Rullamuovauskasetin vaihto	x	
Kalibroitirullaston poistaminen / lisääminen	x	
Oikaisurullaston muutostyöt	x	
Rullamuovauspöydän ja –kasetin pintojen puhdistus	x	
Nosturin palautus säilytyspaikalle	x	
<b>Leikkurin asetusten vaihto</b>		
Ohjuritukien vaihto	x	
Teräpakan vaihto	x	
Teräpakan, leikkurin ja leikkurinradan puhdistus	x	
Leikkuujäteastian vaihto ja tyhjennys	x	
<b>Rainan ajo linjalle</b>		
Kelojen haku varastosta		x
Seuraavan sarjan tuotteiden pakkaustarvikkeiden haku	x	
1. Kelan nosto haspeliin	x	
2. Kelan nosto haspeliin	x	
Ajoarvojen asetukset	x	
Ajo-ohjelman vaihto	x	
Rainan ajo linjan läpi käsiäjolla	x	
Tuotteen mittojen tarkastus	x	

TAULUKKO 5. Rullamuovauslinja C: tuotevaihdon operaatiot nykytilassa

<b>Rullamuovauslinja C: Tuotevaihdon operaatiot:</b>	Sisäinen	Ulkoinen
<b>Rainan purku linjalta</b>		
Edellisen sarjan tuotteiden varastointi	x	
Rainan katkaisu	x	
Rainan ajo tyhjennysajona hylkyyn	x	
Loppu rainan ajo kelalle	x	
Ajoarvojen kirjaus	x	
<b>Rullamuovauspöydän asetusten vaihto</b>		
Syöttölaitteen siirto oikealle paikalle	x	
Rullamuovauskasetin vaihto	x	
Kalibroitirullaston poistaminen / lisääminen	x	
Oikaisurullaston muutostyöt	x	
Rullamuovauspöydän ja –kasetin pintojen puhdistus	x	
Merkintäkoneen poistaminen / lisääminen	x	
Johderullien poistaminen / lisääminen	x	
Nosturin palautus säilytyspaikalle		
<b>Leikkurin asetusten vaihto</b>		
Teräpakan vaihto	x	
Teräpakan, leikkurin ja leikkurinradan puhdistus	x	
Leikkuujäteastian vaihto ja tyhjennys	x	
<b>Rainan ajo linjalle</b>		
Kelojen haku varastosta	x	
Seuraavan sarjan tuotteiden pakkaustarvikkeiden haku	x	
Haspelin siivekkeiden leveyden säätö	x	
1. Kelan nosto haspeliin	x	
2. Kelan nosto haspeliin	x	
Ajoarvojen asetukset	x	
Ajo-ohjelman vaihto	x	
Rainan ajo linjan läpi käsiajolla	x	
Tuotteen mittojen tarkastus	x	
Linjan käynnistys	x	

TAULUKKO 6. Hitsauspää: tuotevaihdon operaatiot nykytilassa

<b>Hitsauspää: Tuotevaihdon operaatiot</b>	Sisäinen	Ulkoinen
Tarttujan vasteen asetus	x	
Testerin leveyden asetus	x	
Hitsauslaitteen leveyden asetus	x	
Siirtolaitteen leveyden asetus	x	
Hitsauspalan vaihto	x	
Ohjurirullien leveyden asetus	x	

## **3.2 SMED-projekti**

### **3.2.1 Tuotantoon perehtyminen**

Asetusaikojen lyhentäminen eli SMED-projekti aloitettiin yksityiskohtaisella perehtymisellä tuotantolinjan toimintaan. Erityinen painoarvo perehtymisen aikana oli tutustua tuotevaihtojen työtehtäviin. Tuotantolinjan toimintaan perehdyttiin seuraamalla tuotantolinjan työntekijöiden toimintaa noin kahden viikon ajan. Perehtymisen aikana myös opinnäytetyöntekijä suoritti tuotevaihdon työtehtäviä. Tämän tarkoituksena oli saada konkreettinen käsitys tuotevaihdon operaatiosta. Perehtymisen aikana tehtiin muistiinpanoja ja keskusteltiin työntekijöiden kanssa tuotevaihtoon liittyvistä työtehtävistä ja tuotevaihdon jälkeisistä tuotantolinjan koneiden säädöistä.

Yksityiskohtainen perehtyminen antaa hyvät lähtökohdat onnistuneeseen SMED-projektiin. Perehtymisen tarkoituksena oli saada mahdollisimman paljon kerettyä tietoa ja mielipiteitä työntekijöiltä tuotevaihtoista. Erityisen tärkeää oli kerätä tuotannontyöntekijöiltä hiljaista tietoa erityisesti tuotevaihdon ongelmakohdista ja kehitysideoista. Tuotannon työntekijät tuntevat tuotantolaitteet parhaiten ja näiden tietojen hyödyntäminen on erityisen tärkeää, kun tehdään tuotannonkehitysprojektia.

Perehtymisen aikana tuotannontyöntekijöille kerrottiin selvästi, mikä SMED-projektin tarkoitus on. Tällä tiedottamisella pyrittiin pienentämään muutosvastarintaa. Muutosvastarinta olikin odotettua hillitympää. Esimerkiksi kuvauksiin suhtauduttiin pääosin positiivisesti ja tuotannontyöntekijät saatiin suostumaan kuvaamaan tuotevaihdot ongelmitta. Lisäksi työntekijöiden tiedottaminen läpi projektin hillitsi myös kehitystoimenpiteiden käyttöönottoon liittyvää muutosvastarintaa.

### **3.2.2 OEE-analyysit**

Tuotantolinjan kokonaistehokuutta on alettu seuraamaan Arrow Machine Track -ohjelmiston avulla vuoden 2016 aikana. Kyseistä ohjelmaa ei ole saatu tuotantolinjalla toimimaan täysin luotettavasti. Tästä syystä Machine Trackin antamaa valmista OEE-analyysiä ei voitu käyttää tässä työssä. OEE-analyysit laskettiin



tuotekohtaisesti A-, B- ja C-tuotteille. Tuotekohtaisissa OEE-analyyseissä käytettiin 3 - 6 toteutuneen tuotantosarjan tunnuslukuja.

OEE-analyysien perusteella linjan kehityskohteet löytyvät käytettävyy- ja nopeustekijöistä. Analyysien perusteella laadun osa-alue todettiin tuotantolinjalla hyväksi, joten se ei vaatinut tarkempia tutkimuksia. Käytettävyyshäviöitä tutkitessa tarkemmin tehtiin analyysi vuoden 2016 tuotevaihtoista. Analyysissä tarkasteltiin kokonaisaikaa vuoden tuotevaihdolle, tuotevaihtojen lukumäärää ja keskimääräistä aikaa tuotevaihdon kestolle. Näiden analyysien perusteella voidaan todeta SMED-projektin olevan tarpeellinen. Analyysit kertovat, että tuotantolinjalle on mahdollista tehdä muitakin käytettävyyttä ja nopeutta kehittäviä toimenpiteitä.

### **3.2.3 Tuotevaihtojen kuvaaminen**

Tuotevaihdot kuvattiin GoPro Hero 4 Silver -kameralla. Kamera soveltuu hyvin tuotannonkehityskuvauksiin sen helppokäyttöisyyden vuoksi, minkä takia työntekijöiden ei tarvitse jännittää kuvauksia. Kuvaukset toteutettiin asentamalla kamera työntekijän päähän, jolloin kuvaukset voitiin suorittaa POV-kuvakulmasta (point of view). Tästä kuvakulmasta kuvattu materiaali on selkeä analysointi vaiheesta, koska silloin analysoija näkee parhaiten kuvatut työvaiheet. Lisäksi tässä kuvakulmassa ei työntekijää voida tunnistaa, mikä osaltaan pienentää työntekijöiden vastarintaa kuvauksia kohtaan.

Elinkeinoelämän keskusliiton ja Suomen ammattiliittojen keskusjärjestön yhteinen tuottavuusasiantuntijaryhmä on laatinut ohjeen työntutkimuksessa käytettävistä menettelytavoista. Kuvaukset suoritettiin tämän ohjeistuksen mukaisesti. Ohjeistuksessa mainitaan seuraavasti: ”Työnantajalla on oikeus kuvata ja videoida töitä. Tiedottaminen ja asianosaisten henkilöiden informointi ennen kuvausta on huomioitava, kuten kaiken työntutkimuksen yhteydessä. Työnantajan on tiedotettava kuvauksesta ja videoinnista asianomaisia työntekijöitä ja työntekijöiden edustajia. Henkilöllä on oikeus perustellusta syystä kieltäytyä sellaisesta kuvaamisesta, jonka perusteella hänet voitaisiin tunnistaa myöhemmin.” (17.)

Kuvauksiin valmistauduttiin kysymällä lupa kuvauksiin kuvauksen suorittavalta työntekijältä. Lisäksi kuvauksista ilmoitettiin samassa tuotantotilassa toimiville työntekijöille sekä työntekijöiden luottamusmiehelle. Tämän lisäksi kulkuoviin laitettiin ilmoitukset kuvausten ollessa käynnissä, jotta tuotantotilaan tulevat ulkopuoliset henkilöt tietävät, että tuotantotilassa on tuotannonkehityskuvaukset käynnissä.

Tuotevaihdon erilaisia variaatiota on yhteensä neljä. Nämä kaikki sisältävät hyvin samankaltaisia työtehtäviä. Kaikki eri variaatiot kuitenkin kuvattiin. Tällä tavalla saatiin kaikki tuotevaihtoihin liittyvät työvaiheet kuvattua. Lisäksi näin toimittaessa saatiin eri työntekijöitä kuvaamaan tuotevaihdot, josta saatiin tietoa siitä, miten eri työntekijät suorittavat tuotevaihdon. Analyysivaiheessa tästä oli hyötyä, koska näin ollen työntekijöiden toimintatapoja yhdistelemällä päästiin parhaaseen lopputulokseen.

#### **3.2.4 AviX-analyysit: nykytilan kuvaus**

AviX-analyyseissa käytettiin Method- ja SMED-moduuleja. Method-moduulilla analysoitiin hukan määrää tuotevaihdossa ja SMED-moduulin avulla erotettiin UA:t SA:sta, järjestettiin tuotevaihdon operaatiot tehokkaaseen järjestykseen ja jaettiin operaatiot kahdelle työntekijälle.

AviX-analysointi aloitettiin nykytilan kuvauksella jokaisesta tuotevaihdon variaatiosta. Nykytilan kuvauksessa erotetaan UA:t SA:sta. Ainoastaan seuraavan sarjan kelojen haku varastosta oli ulkoinen asetus. Kaikki muut asetukset olivat sisäisiä nykytilan kuvauksessa. Tässä analyysin vaiheessa tuotevaihdon operaatioista etsittiin myös lean-tuotantotavan määrittelemät hukat. Todellisuudessa koko asetusten vaihto on lean-tuotantotavan mukaan hukkaa, koska se ei kasvata tuotteen arvoa. Tässä tapauksessa hukalla tarkoitetaan toimenpiteitä, jotka eivät vie asetusten vaihtoa eteenpäin. Tuotevaihdon suoritti nykytilan kuvauksessa yksi operaattori.

Kuvaukset nykytilan tuotevaihtojen ajoista ja hukka-analyysit tuotteen vaihdoille on kuvattu liitteissä 1 - 4. Nykytilassa asetusajoista hukkaa oli 50 - 57 % tuotevaihdon variaatiosta riippuen.

### 3.2.5 Tuotevaihdon ongelmakohdat

Hyvän perehtymisen ja nykytilan kuvauksen jälkeen voitiin listata tuotevaihdon ongelmakohtien syyt ja tehdä niille kehitysehdotukset. Kuten aikaisemmin on kerrottu, ongelmat tuotevaihdossa ovat niiden pitkä kesto ja tuotevaihtoon kulu-  
van ajan vaihtelu. Lisäksi tuotteen saaminen vastaamaan laatuvaatimuksia tuotevaihdon jälkeen on aikaa vievää ja vaatii työntekijältä erityisosaamista. Tuotevaihdon ongelmien syitä ovat

- työjärjestyksen ja työohjeiden puuttuminen
- tuotevaihtoa ei aloiteta välittömästi edellisen sarjan loputtua
- lähes kaikki asetukset ovat SA:ia
- työkalujen hakeminen ja etsiminen tuotevaihdon aikana
- oikaisurullaston ja syöttölaitteen muutostöiden vaikeus.

Tuotevaihdon pitkän keston yksi syy on analyysien perusteella se, ettei tuotevaihtoa aloiteta välittömästi edellisen sarjan valmistumisen jälkeen. Ennen tuotevaihdon aloittamista tehdään muita työtehtäviä. Lisäksi tuotevaihdon aloittaminen siirretään useasti seuraavalle vuorolle. Tuotevaihdon siirtäminen seuraavalle vuorolle johtuu tuotevaihdon monimutkaisuudesta ja pitkästä kestosta. Tuotevaihto halutaan suorittaa alusta loppuun samoilla operaattoreilla.

Nykytilassa lähes kaikki tuotevaihdon operaatiot ovat sisäisiä. Tähän syitä ovat tuotantotilojen ahtaus, joka pakottaa säilyttämään tuotevaihdon tarvikkeita linjan turva-alueiden sisäpuolella, jolloin niiden valmistelutyöt tuotevaihtoa varten joudutaan tekemään edellisen sarjan valmistumisen jälkeen. Lisäksi valmistelutyöt, jotka voitaisiin jo nyt suorittaa linjan ollessa toiminnassa, tehdään sisäisinä asetuksina. Tähän syynä on ohjeistuksen puute. Tuotevaihdolle ei ole tehty työohjetta, jossa ilmenisi työjärjestys ja vaadittavat valmistelevat työt.

Tuotevaihdon operaatioiden aikana syntyvä hukka aiheutuu turhasta kävelystä linjalla, jonka syynä on tuotevaihto-operaatioiden epälooginen ja tehoton järjestys. Toinen suuri hukan aiheuttaja on työkalujen ja tarvikkeiden etsiminen ja hakeminen tuotevaihdon aikana.

Tuotevaihtoon kuluvan ajan vaihtelu johtuu erilaisista toimintatavoista, jokainen operaattori suorittaa tuotevaihdon eri tavalla. Edellä mainittu ohjeistuksen puutos aiheuttaa tämän ongelman.

Tuotevaihdon jälkeiset koneiden hienosäädöt lisäävät sekä tuotevaihtoon kuluva aikaa, että tuotevaihdon keston vaihtelua. Tähän suurin syy on rulla-muovauspöydän komponenttien asemointien vaihtelu tuotevaihtojen välillä.

Tuotevaihdon yhteydessä joudutaan oikaisurullastoon vaihtamaan tuotekohtaiset rullat, josta aiheutuu asemoinnin muutoksia. Oikaisurullaston muutostyöt ja linjan hienosäätö vaativat työntekijältä pitkää kokemusta linjan ajosta sekä erityisosaamista ja -tarkkuutta. Työtehtävän haastavuuden vuoksi asemoinnin ja hienosäädön suoritusajoissa on eroja operaattoreiden välillä. Vaikka ajoarvot kirjataan ylös, ei se poista asemoinnin pieniä muutoksia ja niistä aiheutuvaa hienosäädön tarvetta. Lisäksi ajoarvotaulukot saattavat hävitä tuotevaihtojen välissä, jolloin asemoinnin tarkkuuden vaihtelu kasvaa.

### **3.2.6 Kehitystoimenpiteet**

Tuotevaihdon kehityskohteet voidaan jakaa kahteen kategoriaan SMED-menetelmän mukaisesti. Kategoriat ovat sisäisten asetusten muuttaminen ulkoisiksi ja jäljelle jääneiden sisäisten asetusten kehittäminen ja nopeuttaminen. Kehityskohteilla mahdollistetaan operaattoreiden keskittyminen ainoastaan tuotevaihtoa eteenpäin vieviin operaatioihin linjan ollessa pysähdyksissä. Lisäksi tuotevaihtoa kehitetään SMED-menetelmän mukaisilla toimilla, kuten väärin asemoinnin mahdollisuuden eliminoimisella sekä ottamalla tuotevaihdon ajaksi linjalle useampi operaattori.

**Sisäiset ulkoisiksi:** Taulukossa 7 ja 8 on kuvattu sisäiset ja ulkoiset asetukset kehityskohteiden käyttöönoton jälkeen tuotteille A ja B. Tuotteen B ja C ajon aikana tuotantolinjan operaattori joutuu työskentelemään lähes jatkuvasti pakkauslinjastolla. Tämä hankaloittaa tuotevaihtojen ulkoisia asetuksia. Tämän vuoksi samassa tuotantotilassa toimivalta toiselta linjalta otetaan operaattori mukaan tuotevaihdon valmistelutyötehtäviin. Tämä voidaan toteuttaa alentamatta toisen linjan käytettävyyttä.

TAULUKKO 7. Tuotevaihto A -> B operaatiot: tulevaisuuden kuvaus

Tuote A => Tuote B: Rullamuovauslinja AB	Sisäinen	Ulkoinen
<b>Valmistelevat työtehtävät</b>		
Kelojen haku varastosta		x
Uuden sarjan pakkaustarvikkeiden valmistelu		x
Nostureiden siirto käyttöpaikalle		x
1. kelan nosto haspeliin		x
Tyhjien leikkuujäteastiodien haku käyttöpaikalle		x
Työkortin tulostus		x
Settikärryn tarkistus		x
<b>Rainan purku linjalta</b>		
Rainan katkaisu	x	
Rainan ajo tyhjennysajona hylkyyn	x	
Lopun rainan ajo kelalle	x	
Ajoarvojen kirjaus	x	
<b>Puristimen asetusten vaihto</b>		
Siirtokonsolien kiinnitys	x	
Puristimen työkalun vaihto	x	
Siirtokonsolien irrotus	x	
Leikkuujäteastian vaihto	x	
Puristin työkalun ja puristimen pedin puhdistus	x	
<b>Rullamuovauspöydän asetusten vaihto</b>		
Syöttölaitteen siirto oikealle paikalle	x	
Rullamuovauskasetin vaihto	x	
Kalibrointirullaston poistaminen / lisääminen	x	
Oikaisurullaston vaihto	x	
Rullamuovauspöydän ja -kasetin pintojen puhdistus	x	
<b>Leikkurin asetusten vaihto</b>		
Ohjuritukien vaihto	x	
Teräpakan vaihto	x	
Leikkurin ja leikkurinradan puhdistus	x	
Leikkuujäteastian vaihto	x	
<b>Rainan ajo linjalle</b>		
Ajoarvojen asetukset	x	
Ajo-ohjelman vaihto	x	
Rainan ajo linjan läpi käsiäjolla	x	
Tuotteen mittojen tarkastus	x	
Linjan käynnistys	x	
<b>Tuotevaihdon jälkeiset työtehtävät</b>		
Edellisen sarjan tuotteiden varastointi		x
Leikkuujäteastiodien tyhjennys		x
2. kelan nosto haspeliin		x
Nostureiden palautus säilytyspaikalle		x
Settikärryn tarvikkeiden huolto		x

TAULUKKO 8. Tuotevaihto B -> A operaatiot: tulevaisuuden kuvaus

Tuote B => Tuote A	Sisäinen	Ulkoinen
<b>Valmistelevat työtehtävät</b>		
Kelojen haku varastosta		x
Nostureiden siirto käyttöpaikalle		x
Rullamuovauslinja AB: 1.kelan nosto haspeliin		x
Tyhjien leikkuujäteastioiden haku käyttöpaikalle		x
Työkortin tulostus		x
Settikärryn tarkistus		x
Rullamuovauslinja C: Rainan purku linjalta		x
Rullamuovauslinja C: Rainan ajo linjalle		x
<b>Rullamuovauslinja AB: Rainan purku linjalta</b>		
Rainan katkaisu	x	
Rainan ajo tyhjennysajona hylkyyn	x	
Lopun rainan ajo kelalle	x	
Ajoarvojen kirjaus	x	
<b>Rullamuovauslinja AB: Puristimen asetusten vaihto</b>		
Siirtokonsolien kiinnitys	x	
Puristimen työkalun vaihto	x	
Siirtokonsolien irrotus	x	
Leikkuujäteastian vaihto	x	
Puristin työkalun ja puristimen pedin puhdistus	x	
<b>Rullamuovauslinja AB: Rullamuovauspöydän asetusten vaihto</b>		
Syöttölaitteen siirto oikealle paikalle	x	
Rullamuovauskasetin vaihto	x	
Kalibrointirullaston poistaminen / lisääminen	x	
Oikaisurullaston vaihto		
Rullamuovauspöydän ja -kasetin pintojen puhdistus	x	
<b>Rullamuovauslinja AB: Leikkurin asetusten vaihto</b>		
Ohjuritukien vaihto	x	
Teräpakan vaihto	x	
Leikkurin ja leikkurinradan puhdistus	x	
Leikkuujäteastian vaihto	x	
<b>Rullamuovauslinja AB: Rainan ajo linjalle</b>		
Ajoarvojen asetukset	x	
Ajo-ohjelman vaihto	x	
Rainan ajo linjan läpi käsiajolla	x	
Tuotteen mittojen tarkastus	x	
Linjan käynnistys	x	
<b>Hitsauspään asetusten vaihto</b>		
Testerin leveyden asetus	x	
Hitsauslaitteen leveyden asetus	x	
Siirtolaitteen leveyden asetus	x	
Hitsauspalan vaihto	x	
Ohjurirullien leveyden asetus.	x	
<b>Tuotevaihdon jälkeiset työtehtävät</b>		
Edellisen sarjan tuotteiden varastointi		x
Leikkuujäteastioiden tyhjennys		x
2.kelan nosto haspeleihin		x
Nostureiden palautus säilytyspaikalle		x
Settikärryn tarvikkeiden huolto		x

**Settikärry:** Settikärryllä poistetaan tuotevaihdosta hukka liittyen työkalujen hakeamiseen ja etsimiseen. Settikärry sisältää kaikki tuotevaihdossa tarvittavat välineet. Settikärry tarkastetaan aina ennen linjan pysäytystä. Näin varmistetaan, että tuotevaihdon aikana operaattoreiden ei tarvitse hakea tai etsiä tarvittavia työkaluja tai tarvikkeita. Yksi linjan ongelmista on ollut työkalujen häviäminen ja epäjärjestys. Tämä poistetaan asentamalla settikärryihin työkalualustat, joissa on jokaiselle työkalulle merkityt paikat 5S-järjestelmän mukaisesti.

**Työohjeet ja kahden operaattorin käyttö:** Työohjeiden vakioidulla järjestyksellä varmistetaan operaattoreiden samanlainen toiminta joka kerta tuotevaihdossa. Tällä pienennetään tuotevaihtoon kuluvan ajan vaihtelua. Työjärjestys on suunniteltu niin että se on mahdollisimman tehokas kahdelle työntekijälle ja operaatiot tehdään loogisessa järjestyksessä, joka ei aiheuta odotuksesta tai turhasta kävelystä syntyvää hukkaa. Työjärjestyksessä on huomioitu työntekijöiden erilaiset toimintatavat ja näitä toimintatapoja yhdistelemällä on toteutettu uusi yhtenäinen toimintatapa. Kahden operaattorin käytöllä tuotevaihdossa lyhennetään tuotevaihtoon kuluva aikaa entisestään. Lisäksi tällä saadaan eliminoidua hukkaa, joka syntyy yhden operaattorin turhasta kävelystä linjalla.

Työjärjestyksen myötä tuotevaihdon sijoittuminen vuoronvaihdon yhteyteen ei tuota ongelmia. Vakioidun työjärjestyksen avulla seuraavan vuoron on helpompi jatkaa tuotevaihtoa. Vuoron vaihdon yhteydessä vaaditaan vieläkin kommunikointia vuorojen välillä. Edellisen vuoron täytyy kertoa, mihin asti tuotevaihto on keretty suorittamaan. Seuraava vuoro voi täten jatkaa tuotevaihtoa työjärjestyksen mukaisesti tästä kohtaa. Vakioidun työjärjestyksen myötä vuoron vaihto ei kuitenkaan kasvata tuotevaihdon kestoa merkittävästi, sillä seuraavan vuoron on helppo hahmottaa vakioidun työjärjestyksen avulla, missä vaiheessa tuotevaihto on. Eikä seuraavan vuoron tarvitse suorittaa tuotantolinjalla aikaa vievää selvitystä, mitä tuotevaihdon operaatioita on suoritettu ja mitä on suorittamatta.

Suurin hukka, joka syntyy tuotevaihdon aloittamisen odotuksesta, voidaan eliminoida ohjeistamalla. Työntekijöitä ohjeistetaan aloittamaan tuotevaihto valmistelutöillä ennen tuotantolinjan pysäytystä ja olemaan valmiina aloittamaan

tuotevaihdon sisäiset asetukset heti edellisen sarjan viimeisen tuotteen valmistuksen jälkeen.

**Hienosäädön eliminointi:** Shingon mukaan suurin aika tuotevaihtoissa kuluu koneiden hienosäätöihin. Tällä linjalla koneiden hienosäätö on suurin muuttuja tuotevaihdon ajoissa. Välillä säätöjä ei tarvitse tehdä olleenkaan, mutta niihin voi kulua pitkiäkin aikoja. SMED-menetelmän mukaisesti tässä projektissa ei alettu kehittämään hienosäätöjen operaatioita. Hienosäätöjen tarve pyrittiin eliminomaan kokonaan kehittämällä rullastojen asemointia jo kiinnitys vaiheessa.

Tuotteen profiilin muodon muuttumisen suurin syy asetusten vaihdon yhteydessä on oikaisurullaston asemoinnin muutokset. Mikäli jokaisella tuotteella hankitaan omat oikaisurullastot, voidaan asemoinnin muutosten mahdollisuus eliminoida. Asemoinnin muutosten syynä on se, että oikaisurullastoon joudutaan vaihtamaan tuotekohtaiset rullat tuotevaihdon yhteydessä. Rullien kiinnitys täysin samalla tavalla joka kerta on erittäin haastavaa. Koska rullia ei voida asemoida joka kerta samalla tavalla, joudutaan tuotevaihdon yhteydessä tekemään hienosäätöjä ajoarvoihin, mikä vaatii operaattorilta erityisosaamista. Tuotekohtainen oikaisurullasto myös lyhentää suoraan asetusaikaa, koska oikaisurullastoon ei tarvitse tehdä muutostöitä.

Syöttölaitteen ajoarvojen säätö on tehtävä hyvin huolellisesti, koska sillä kohdistetaan raina rullamuovauskasetin keskilinjalle. Rainan on kuljettava aina keskilinjalla, jotta profiilin muoto pysyy samana. Tästä syystä omat syöttölaitteet jokaiselle tuotteelle eliminoisivat myös tämän asemointi virheen mahdollisuuden. Näillä tuotekohtaisilla laitteilla pyritään siihen, että linjan komponenttien asemointi voidaan pitää vakiona eikä niitä tarvitse muuttaa tuotevaihdon aikana, jolloin väärin asemointia ei ole mahdollista tehdä.

**Rullamuovauskasettien säilytyspaikka ja käsittely:** Rullamuovauskasetit painavat tuhansia kiloja, joten niiden käsittelyn turvallisuuteen on panostettava. Jokaisella kasetilla on eri painopiste, joten nostojen suorittaminen tasapainossa vaatii nostoketjujen pituuden säätöjä, joka on aikaa vievää. Nostoketjujen kasetikohtaiset pituudet merkataan nostoketjuihin, jolloin nostoketjun pituussäädöt ja testinostot voidaan eliminoida. Lisäksi nostoketjujen ja kasettien välille tehdään



värikoodaus, jonka avulla oikea nostoketjun pituus on nähtävissä heti. Näin nostot voidaan suorittaa työturvallisesti tasapainossa nopeasta noston valmistelusta huolimatta.

Rullamuovauskasetteja ei tällä hetkellä tilan ahtauden takia voida säilyttää rullamuovauspöydän välittömässä läheisyydessä. Tämä aiheuttaa tuotevaihdon aikana turhia kasettien siirtoja nosturilla ahtaissa paikoissa. Rullamuovauskasettien säilytyspaikka voidaan siirtää rullamuovauspöydän viereen sekä ulos turva-alueelta muuttamalla valoverhon etäisyyttä linjasta. Näin poistetaan turhat kasettien siirrot sekä mahdollistetaan kasettien huoltaminen ilman linjan pysäytystä ajon aikana. Valoverhojen etäisyyslaskut ovat liitteessä 11.

### **3.2.7 Avix-analyysit: tulevaisuuden kuvaus**

Tulevaisuuden kuvaus tehtiin toteutettavien kehityskohteiden pohjalta. Syöttölaitteiden hankinta todettiin tässä vaiheessa taloudellisesti kannattamattomaksi. Mikäli oikaisurullastoilla ei päästä haluttuun tulokseen hienosäätöjen eliminoimisessa hankitaan syöttölaitteet tämän jälkeen. Kaikki muut kehityskohteet päätettiin toteuttaa. Tulevaisuuden kuvaukset tuotevaihtoista ovat kuvattu liitteissä 5 - 8. Kuvauksissa näkyy työtehtävien jakautuminen operaattoreiden välillä. Kaikki kehityskohteet toteutettuna asetusaikaa voidaan vähentää 80 - 82,5 % riippuen vaihdettavasta tuotteesta.

### **3.2.8 Käyttöönotto**

Ennen tuotevaihdon testausta uudella toimintatavalla työntekijöiden kanssa pidettiin keskustelutilaisuus, jossa heille kerrottiin uuden toimintatavan periaatteet. Tuotevaihdon testausvaiheessa uudet oikaisurullastot ja valoverhot eivät olleet vielä saapuneet. Tästä johtuen tuotevaihdon työtehtävät jaettiin operaattoreiden välillä hieman eri tavalla kuin tulevaisuuden kuvauksessa. Liitteissä 9 ja 10 on kuvattu toteutuneet tuotevaihdon ajat testausvaiheessa.

Testauksella voitiin todeta suunniteltujen tuotevaihtoaikojen pitävän paikkansa. Tuotevaihtoja voitiin lyhentää kymmeniä prosentteja pelkästään hukan poistolla, työjärjestyksellä ja valjastamalla tuotevaihtoon kaksi operaattoria. Toisen operaattorin käyttö voidaan toteuttaa ilman muiden linjojen käytettävyyden heikke-

nemistä. Käyttöönoton seurannan perusteella työjärjestykseen tehtiin pieniä muutoksia työn tehostamiseksi.

## 4 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli lyhentää tuotantolinjan tuotevaihtojen asetusaikoja käyttäen SMED-menetelmää. Työn tilaaja halusi myös löytää tämän työn avulla SMED-työkalun asetusaikojen kehittämiseen yrityksen muilla linjoilla.

Tuotantolinjan asetusaikoja pystytään lyhentämään alkuperäisestä asetusajasta toteuttamalla kaikki tämän työn kehitystoimenpiteet 80 - 82,5 % riippuen vaihdettavista tuotteista. Kaikkia kehitystoimenpiteitä ei tämän työn aikana voitu toteuttaa. Työn jälkeen toteutettavat kehitystoimenpiteet vaativat investointeja, joten niiden käyttöönottoa ei keretty toteuttamaan työn aikana. Työn aikana toteutetuilla kehitystoimenpiteillä saatiin asetusaikaa lyhennettyä kuitenkin alkuperäisestä asetusajasta 73 %.

Ongelmat tuotevaihdossa olivat niiden pitkä kesto, asetusaikojen vaihtelu ja koneiden hienosäätöjen haastavuus. AviX-analyysien ja linjan operaattoreiden haastattelujen avulla näihin ongelmakohtiin haettiin ratkaisut.

Asetusaikoja lyhennettiin siirtämällä kaikki mahdolliset SA:t UA:ksi. Lähtötilanteessa tuotevaihdolla ei käytännössä ollut ollenkaan UA:ia. Tämän jälkeen lähdettiin kehittämään jäljelle jääneitä SA:ia. Asetusten vaihdon operaatioista löytyi huomattava määrä hukkaa, joka aiheutui työkalujen ja tarvikkeiden hakemisesta ja etsimisestä. Tämä hukka voitiin eliminoida settikärryllä, joka sisältää kaikki tuotevaihdon tarvikkeet.

Tuotevaihtoon valjastettiin kaksi operaattoria, jolloin tuotevaihto voidaan toteuttaa huomattavasti aiempaa nopeammin. Kahden operaattorin käyttö voidaan toteuttaa heikentämättä muiden linjojen käytettävyyttä. Tuotevaihdon sisäisiä asetuksia kehitettiin myös muilla pienillä parannuksilla, kuten paineilmaletkujen lisäämisellä linjalle, jolloin operaattorin ei tarvitse hakea paineilmaletkua linjan toisesta päästä tai odottaa paineilmaletkun vapautumista toiselta operaattorilta. Lisäksi raskaiden rullamuovauskasettien nostoja helpotetaan merkitsemällä nostoketjuihin kasettikohtaiset nostopituudet, jolloin nostot voidaan suorittaa tasapainossa ilman pitkäkestoisia nostoketjun säätöjä ja koenostoja. Tuotevaihtoon valjastetaan myös kaksi nosturia, jolloin operaattorit pystyvät työskentele-

mään tuotevaihdon parissa koko ajan eikä heidän tarvitse odottaa nosturin vapautumista.

Pitkän tuotevaihdon lisäksi ongelmana oli asetusajkojen vaihtelu, joka aiheuttaa vaikeuksia tuotannon suunnitteluun. Asetusaikojen vakioimiseksi tuotevaihdolle tehtiin työohjeet ja vakioitu työjärjestys. Kun tuotevaihdosta onnistuttiin poistamaan kaikki hukat, jotka aiheuttivat muutoksia asetusajkoihin, voivat operaattorit keskittyä vain operaatioihin, jotka vievät tuotevaihtoa eteenpäin. Näin ollen asetusajka voidaan vakioida tarkemmin. Kaikki edellä mainitut kehitystoimenpiteet voitiin toteuttaa työn aikana.

Testausvaiheessa pystyttiin tuotantolinjan operaattoreille osoittamaan, että tuotevaihto on toteutettavissa huomattavasti nykytilaa nopeammin. Tämä oli tärkeää, sillä moni operaattori ei uskonut tähän. On tärkeää saada operaattorit mukaan tuotannonkehitysprojekteihin. Jatkossa vastaavat projektit on helpompi toteuttaa ja saada tuotannon työntekijät paremmin mukaan kehitystyöhön, sillä tuotannon työntekijät ovat tämän projektin myötä nähneet, kuinka asetusajkoja on mahdollista kehittää ja tuotevaihdon operaatioita yksinkertaistamalla voidaan operaattoreiden työtehtävistä saada mielekkäämpiä. Operaattoreiden mielestä erityisesti kahden operaattorin käyttö sekä tuotekohtaiset oikaisurullastot tekevät tuotevaihdosta helpompaa.

Työn aikana ei keretty toteuttamaan hienosäätöjen eliminointiin tarkoitettuja kehitystoimenpiteitä. SMED-menetelmän mukaisesti tämä ongelma ratkaistiin poistamalla virheen mahdollisuudet jo työkalujen asemoinnissa, jolloin hienosäädön tarve poistuu. Oikaisurullaston asemoinnin muutokset vaikuttavat suuresti tuotteen profiiliin muotoon. Koska oikaisurullastoon joudutaan vaihtamaan rullat aina tuotevaihdon yhteydessä, on niiden asemointi samalla tavalla joka kerta hyvin vaikeaa. Tämän takia päädyttiin linjalle hankkimaan oikaisurullastot jokaiselle tuotteelle. Näin rullien asemointi pysyy samana tuotevaihdosta huolimatta. Oikaisurullaston muutostyöt ja koneiden hienosäätö ovat tuotevaihdon operaatioista vaativimmat. Nämä työvaiheet eliminoimalla tuotevaihdon operaatiot muuttuvat yksinkertaisiksi, jolloin työntekijältä ei vaadita erityisosaamista tuotevaihdon työtehtäviin. Tämä johtaa siihen, että tuotevaihto voidaan

toteuttaa tehokkaasti riippumatta tuotevaihdon suorittavasta operaattorista. Toinen työn jälkeen toteutettava kehitystoimenpide on valoverhojen siirto, jolloin rullamuovauskasetit voidaan siirtää rullamuovauspöydän läheisyyteen sekä turva-alueen ulkopuolelle. Tällä toimenpiteellä lyhennetään raskaiden kasettien siirtomatkoja ja mahdollistetaan kasettien huolto ilman linjan pysäyttämistä.

Työn avulla haluttiin löytää yritykselle myös SMED-työkalu muiden linjojen asetusajojen lyhentämiseen. Tässä työssä käytetyt työkalut tuotevaihtojen analysointiin olivat työn kuvaaminen ja AviX-ohjelma. AviX-ohjelmasta käytettiin AviX Method -moduulia ja AviX SMED -moduulia. Työn kuvaaminen ja AviX osoittautuivat hyviksi työkaluiksi, kun työoperaatioista halutaan löytää hukkan määrä sekä saada todellinen aika operaatioille. Ilman AviX-analyyssejä ei tuotevaihto olisi voitu poistaa hukkaa yhtä tehokkaasti. Lopputuloksena voidaan todeta, että AviX ja työnkuvaaminen sopivat yrityksen muihinkin SMED-projekteihin, joissa halutaan kehittää työn tehokkuutta poistamalla siitä hukkaa. Erityisesti AviX-ohjelma soveltuu ihmisen tekemän työn analysointiin.

SMED-projektin myötä OEE-analyysin käytettävyys osa-aluetta pystytään parantamaan 5 %. Tämä vaatii, että asetusajat pysyvät jatkossa samana tässä työssä tehdyn tuotevaihdon testauksen kanssa. Tuotevaihtoja täytyy jatkossa seurata tarkasti, jotta operaattorit toimivat uuden toimintatavan mukaisesti ja tuotevaihdot toteutetaan tehokkaimmalla mahdollisella tavalla.

OEE-analyysien pohjalta tuotantolinjalta löytyi muitakin kehityksen kohteita kuin tuotevaihdot tuoteperheiden välillä. OEE-analyysien ja muiden tuotantolinjan analyysien mukaan asetusten vaihdot, jotka tehdään vaihdettaessa valmistettavaa tuotetta tuoteperheen sisällä vaativat myös kehitystoimenpiteitä. Tuoteperheen sisäisiä asetuksia erikokoisille tuotteille voidaan lyhentää merkittävästi ohjeistamalla työntekijät aloittamaan asetusten vaihdot heti koneen pysähtyttyä sekä tekemällä valmistelu työt koneen käydessä. Työssä käytettyjä toimenpiteitä voidaan soveltaa myös näihin asetuksen vaihtoihin.

Seuraavaksi linjalla kannattaa mielestäni kehittää Arrow Machine Track -ohjelman raporttien luotettavuutta. Ohjelman toimiessa kunnolla ja työntekijöiden käyttäessä ohjelmaa oikein voidaan ohjelman avulla löytää tuotantolinjalta

ongelmakohdat, jotka vaativat eniten parannuksia. Näin toimimalla voidaan linjalta löytää kohteet, joiden avulla kokonaistehokkuutta voidaan parantaa tehokkaimmin.

Tuotantolinjan kanssa samassa tuotantotilassa toimivan toisen tuotantosolun operaattoria käytetään tuotevaihdossa apuna. Tämän kehitystoimenpiteen myötä heräsi ajatus kahden operaattorin toimintamallin jatkokehittämisestä. Nykytilassa kumpikin operaattori hoitaa omaa tuotantolinjaansa kyseissä tuotantotilassa. Jatkossa yrityksen kannattaa siirtyä työparityöskentelyyn. Tällä tavalla voidaan parantaa kummankin linjan käytettävyyttä. Esimerkiksi taukojen pitäminen porrastetusti työparin kesken varmistaisi sen, että linjoilla on aina yksi operaattori varmistamassa linjojen toiminnan. Tällä hetkellä ongelmana on linjojen pysähtyessä esimerkiksi taukojen aikana linjojen uudelleen käynnistys, joka kestää turhan kauan, koska linjalla ei aina ole operaattoria käynnistämässä linjaa.

Tällä työllä voitiin nopeuttaa merkittävästi tuotantolinjan tuotevaihtoja, jotka ovat pitkään olleet ongelma työn tilaajalle. Vaikka työssä päästiin merkittäviin parannuksiin, jäätiin alkuperäisestä aikataavoitteesta hieman. Työn aikana käytiin läpi SMEDin 8-vaiheisesta työstä kaikki muut vaiheet paitsi mekanisointi. Kehittämällä mekanisoituja ratkaisuja työkalujen vaihtoon voidaan alkuperäinen tavoiteaika saavuttaa. Esimerkiksi puristimen työkalun vaihtoa voidaan nopeuttaa siirtopöydän avulla, jolloin puristimen työkalu voidaan vaihtaa vain vetämällä vanha työkalu pois ja työntämällä uusi paikoilleen. Kuten SMED-menetelmään kuuluu, on kaikki muut ratkaisut käytettävä asetusaikojen lyhentämiseen ennen kuin työtä mekanisoidaan.

Projektin päättyi mielestäni hyvään kohtaan, koska työ antaa yritykselle mahdollisuuden jatkaa tuotevaihtojen kehittämistä mekanisoimalla työkalujen vaihtoja, mikäli näkee sen kannattavaksi. Pohjatyö SMED-menetelmän seuraavalle vaiheella on tehty tässä työssä.

## LÄHTEET

1. Mitä Lean on. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>. Hakupäivä 3.3.2017.
2. Shingo, Shigeo 1984. Japanilainen tuotantoajattelu. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.
3. Lean-filosofian 7+1 tuottamatonta toimintoa. 2016. Jyväskylä: Arrow Engineering. Saatavissa: <http://blogi.arroweng.fi/lean-filosofian-71-tuottamatonta-toimintoa>. Hakupäivä 26.2.2017.
4. Shingo, Shigeo 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. English translation. Cambridge: Productivity Press.
5. Lean-sanasto. 2012. Helsinki: MCS. Saatavissa: <http://leaniksi.fi/lean-sanasto/>. Hakupäivä 20.2.2017.
6. OEE/KNL-tehokkuudenseuranta. 2017. Vantaa: Novotek. Saatavissa: <https://www.novotek.com/fi/ratkaisut/oee-knl>. Hakupäivä 19.2.2017.
7. Six Big Losses (part of OEE). 2013 - 2016. Vorne Industries Inc. Saatavissa: <http://www.perfectproduction.com/six-big-losses.htm>. Hakupäivä 17.2.2017
8. What Is OEE (Overall Equipment Effectiveness)?. 2002 - 2016. Vorne Industries Inc. Saatavissa: <http://www.oeo.com/>. Hakupäivä 17.2.2017
9. Use OEE to Measure Improvements in Manufacturing Productivity. 2011 - 2016. Vorne Industries Inc. Saatavissa: <http://www.leanproduction.com/oeo.html>. Hakupäivä 17.2.2017.

10. Oppimisymparisto – benchmarkkaus. 2017. Oppimisympäristö-wiki 2010. Saatavissa: <http://oppimisymparisto.wikispaces.com/benchmarkkaus>. Hakupäivä 17.2.2017.
11. AviX – The Lean Production Software. 2015. Sweden: Solme AB. Saatavissa: <http://www.avix.eu/en/>. Hakupäivä 27.2.2017.
12. AviX 4 User Manual. Sweden: Solme AB.
13. Työturvallisuuslaki. 2002. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>. Hakupäivä 29.3.2017.
14. Työturvallisuus ja –suojelu. 2016. Helsinki: Suomen Yrittäjät. Saatavissa: <https://www.yrittajat.fi/yrittajan-abc/tyonantajan-abc/tyoturvallisuus-ja-suojelu-316630>. Hakupäivä 29.3.2017.
15. SFS-EN ISO 13855. 2010. Koneturvallisuus. Suojausteknisten laitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
16. SFS-EN ISO 13857. 2008. Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet ylaraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
17. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. 2011. Helsinki: EK-SAK tuottavuusasiantuntijatyöryhmä. Saatavissa: [http://www.teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkki-nat\\_kannustava\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](http://www.teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkki-nat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf). Hakupäivä 2.1.2017.



## LIITTEET

Liite 1 Asetusten vaihto Tuote A -> Tuote B: nykytila ja hukka-analyysi

Liite 2 Asetusten vaihto Tuote B -> Tuote A: nykytila ja hukka-analyysi

Liite 3 Asetusten vaihto Tuote A -> Tuote C: nykytila ja hukka-analyysi

Liite 4 Asetusten vaihto Tuote C -> Tuote A: nykytila ja hukka-analyysi

Liite 5 Asetusten vaihto Tuote A -> Tuote B: tulevaisuuden kuvaus

Liite 6 Asetusten vaihto Tuote B -> Tuote A: tulevaisuuden kuvaus

Liite 7 Asetusten vaihto Tuote A -> Tuote C: tulevaisuuden kuvaus

Liite 8 Asetusten vaihto Tuote C -> Tuote A: tulevaisuuden kuvaus

Liite 9 Asetusten vaihto Tuote A -> Tuote B: käyttöönotto, toteutunut

Liite 10 Asetusten vaihto Tuote B -> Tuote A: käyttöönotto, toteutunut

Liite 11 Valoverhojen etäisyyslaskut

## Aikayksikkö

	2	4	6
<b>Ulkoiset: Ennen koneen pysäytystä</b>			
Kelojen haku varastosta			
<b>Sisäiset</b>			
Odotus / tuotevaihtoon kuulumattomat operaatiot			
Rainin purku linjalta			
Leikkurin asetusten vaihto			
Rullamuovauspöydän asetusten vaihto			
Puristimen asetusten vaihto			
Rainin ajo linjalle + säädöt			

Nykytila: 1 TT

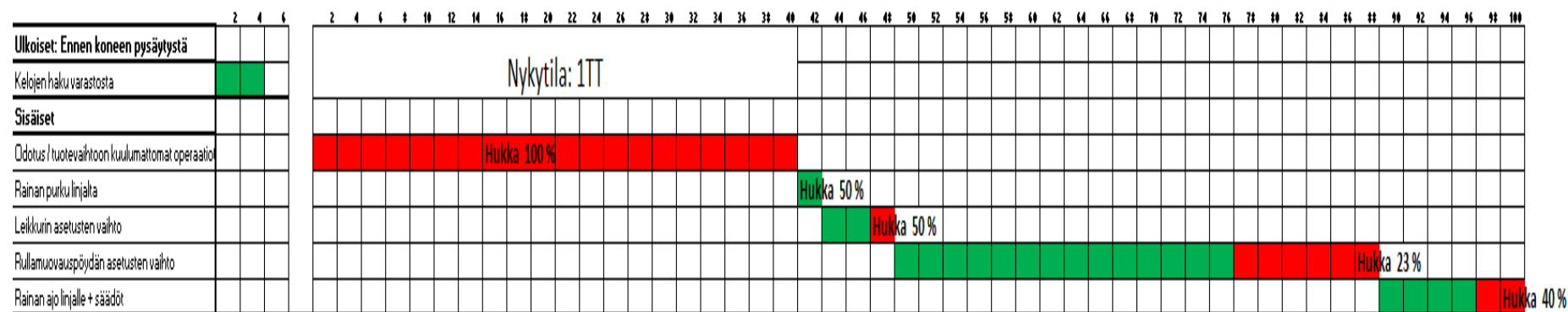
Task	Type	Percentage
Odotus / tuotevaihtoon kuulumattomat operaatiot	Red	100%
Rainin purku linjalta	Green	50%
Leikkurin asetusten vaihto	Black	25%
Rullamuovauspöydän asetusten vaihto	Green	16%
Puristimen asetusten vaihto	Black	33%
Rainin ajo linjalle + säädöt	Black	42%

## Aikayksikkö

[illegible]

**TUOTANTOLINJAN ASETUKSEN VAIHTO A => C: Nykytila**

## Aikayksikkö

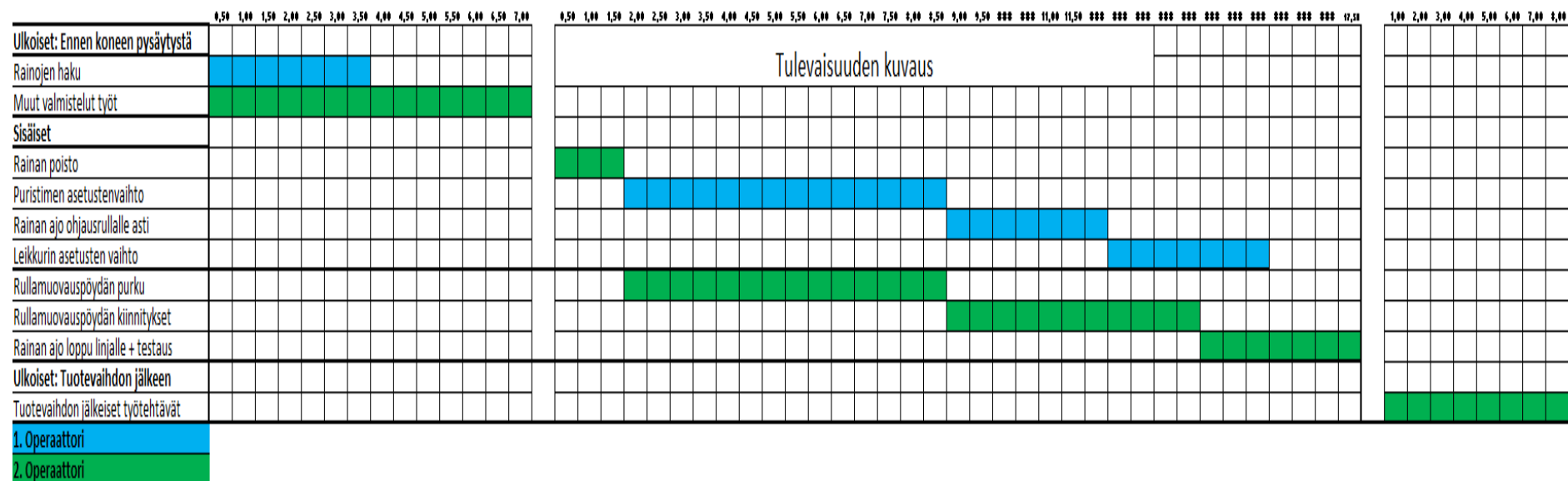


## Aikayksikkö

[illegible]

**TUOTANTOLINJAN ASETUKSEN VAIHTO A => B: Tulevaisuuden kuva**

## Aikayksikkö



**TUOTANTOLINJAN ASETUKSEN VAIHTO B => A: Tulevaisuuden kuva**

**Aikayksikkö**

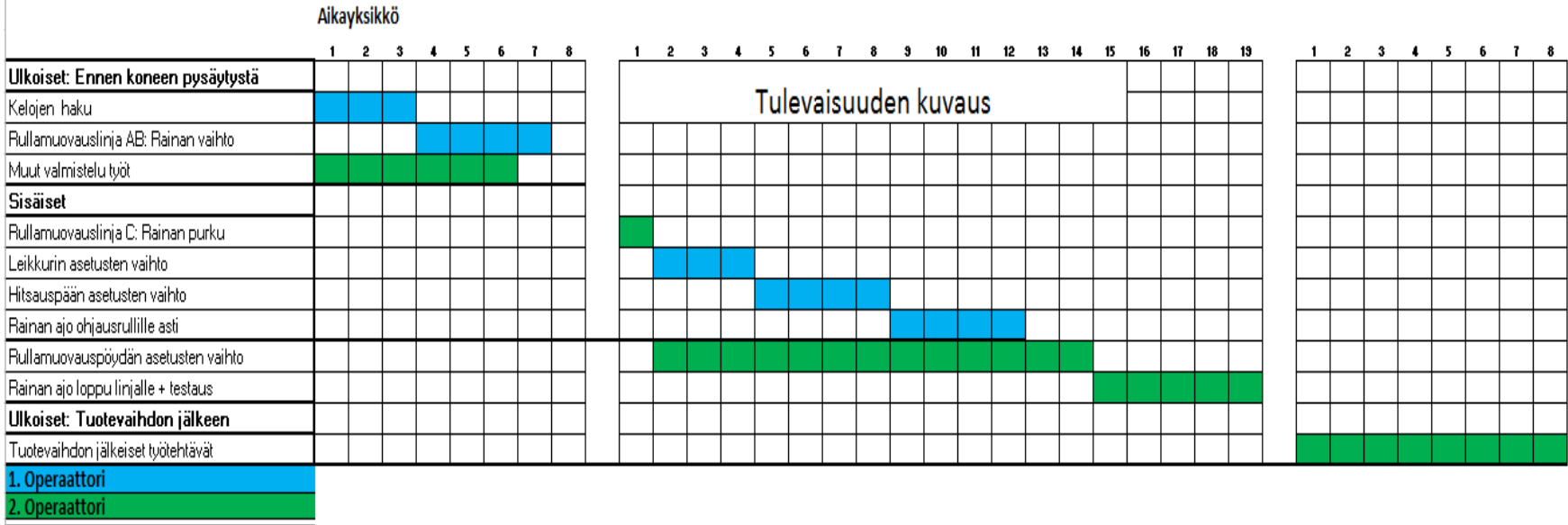
[illegible]

TUOTANTOLINJAN ASETUKSEN VAIHTO A => C: Tulevaisuuden kuvaus

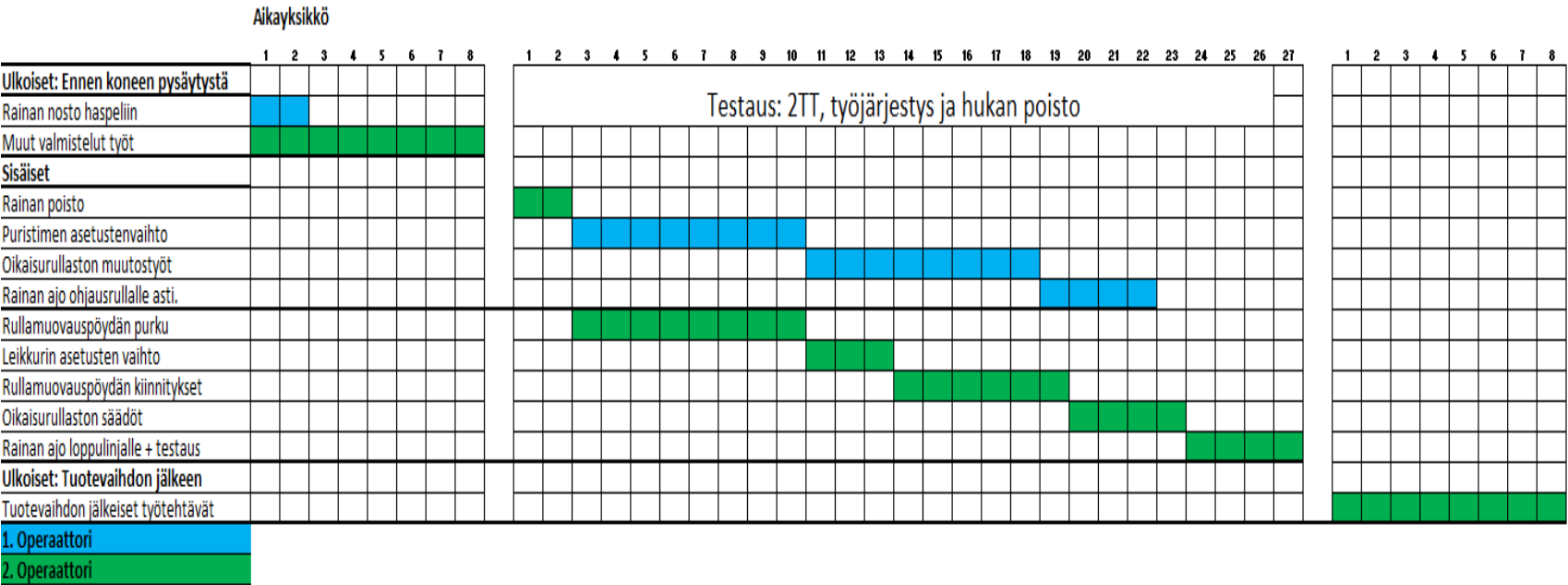
Aikayksikkö		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	3	4	5	6	7	8						
Ulkoiset: Ennen koneen pysäytystä										Tulevaisuuden kuvaus																																	
Kelojen + pakkaustarvikkeiden haku varastosta																																											
Muut valmistelut työt																																											
Sisäiset																																											
Rullamuovauslinja AB: Rainan poisto																																											
Rainan ajo ohjausrullalle asti																																											
Leikkurin asetusten vaihto																																											
Rullamuovauspöydän asetusten vaihto																																											
Rainan ajo loppu linjalle + testaus																																											
Ulkoiset: Tuotevaihdon jälkeen																																											
Tuotevaihdon jälkeiset työtehtävät																																											
1. Operaattori																																											
2. Operaattori																																											

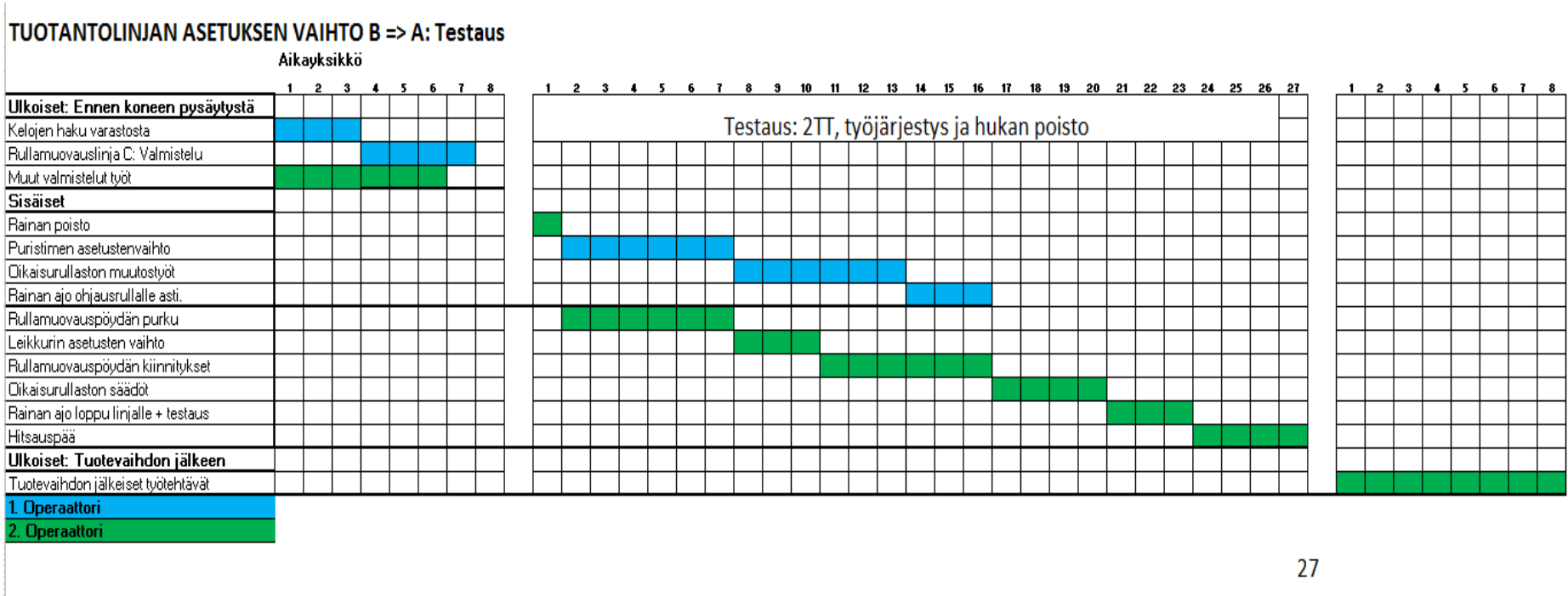


**TUOTANTOLINJAN ASETUKSEN VAIHTO C => A: Tulevaisuuden kuvaus**



TUOTANTOLINJAN ASETUKSEN VAIHTO A => B: Testaus





**PSEN op2H-s-30-165/1: Valoverhon minimietäisyys rullamuovauspöydästä****Standardin ISO 13855 mukaan**

**Vaihe 1**  $S=K(t_1+t_2) + C$  **S=674mm** **C=8(d-14)** **C=128mm**

Selite	Arvo
S= Vähimmäisetäisyys	<b>674mm</b>
K= Lähestymisnopeus	2000mm/s
t1= valoverhon reaktionopeus	0,023s
t2= machine's overrun	0,250s (arvio)
d= Valoverhon resoluutio	30mm
C= Lähestymisetäisyys	128mm

**Vaihe 2**

Vaiheessa 1:  $S > 500\text{mm}$ , voidaan käyttää lähestymisnopeudelle arvoa 1600 mm/s

$S=K(t_1+t_2) + C$  **S=564,8mm** **C=8(d-14)** **C=128mm**

Selite	Arvo
S= Vähimmäisetäisyys	<b>564,8mm</b>
K= Lähestymisnopeus	1600mm/s
t1= valoverhon reaktionopeus	0,023s
t2= machine's overrun	0,250s (arvio)
d= Valoverhon resoluutio	30mm
C= Lähestymisetäisyys	128mm

**Vaihe 3**

Vähimmäisetäisyys ylikuotettaessa: Arvot a ja b standardin ISO13855 taulukosta 1

Koskematta tunnistavan turvalaitteen pystysuoran havaitsemisyöhykkeen yli kurottaminen

$S=K(t_1+t_2) + C_{ro}$  **S=436,8mm**

Selite	Arvo
S= Vähimmäisetäisyys	<b>436,8mm</b>
a= Vaaravyöhykkeen korkeus	1200mm
b= Valoverhon yläreunan korkeus	1650
C <sub>ro</sub> = Lisäetäisyys vaaravyöhykkeeseen	0mm
K= Lähestymisnopeus	1600mm/s
t1= valoverhon reaktionopeus	0,023s
t2= machine's overrun	0,250s (arvio)

**Vaihe 4**

Valitaan vaiheista 2 ja 3 turvallisin etäisyys (pisin)

**S=564,8mm**